

В.М. Зимняков, А.Ю. Сергеев

**СООРУЖЕНИЯ И ОБОРУДОВАНИЕ
ДЛЯ ХРАНЕНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ
ПРОДУКЦИИ**

Пенза 2015

Министерство сельского хозяйства Российской Федерации

ФГБОУ ВПО «Пензенская ГСХА»

В.М. Зимняков, А.Ю. Сергеев

**СООРУЖЕНИЯ И ОБОРУДОВАНИЕ
ДЛЯ ХРАНЕНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ
ПРОДУКЦИИ**

Допущено Учебно-методическим объединением вузов
Российской Федерации по агрономическому образованию
в качестве учебного пособия для подготовки бакалавров
по направлению 35.03.07

«Технология производства и переработки
сельскохозяйственной продукции»

Пенза 2015

УДК 631.24 (075)

ББК 36.9

3 62

Рецензенты: доктор биол. наук, профессор А.В. Бушов (ФГБОУ ВПО Ульяновская государственная сельскохозяйственная академия имени П.А. Столыпина); доктор с.-х. наук, профессор Н.И. Морозова; доктор техн. наук, профессор В.Ф. Некрашевич (ФГБОУ ВПО «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева»).

Зимняков, В.М.

Сооружения и оборудование для хранения сельскохозяйственной продукции / В.М. Зимняков, А.Ю. Сергеев. – Пенза: РИО ПГСХА, 2015. – 207 с.

Описаны различные виды зданий и сооружений для хранения основных видов сельскохозяйственной продукции.

Изложены принципы работы и устройство оборудования, применяемого в хранилищах и холодильниках. Приведен порядок расчета оборудования для вентиляции хранилищ, теплопритоков в холодильниках, методика подбора холодильного оборудования и т.д. Для студентов вузов, обучающихся по направлению 35.03.07 «Технология производства и переработки сельскохозяйственной продукции».

© ФГБОУ ВПО «Пензенская ГСХА», 2015

© В.М. Зимняков, А. Ю. Сергеев, 2015

ВВЕДЕНИЕ

Основными задачами пищевой промышленности Российской Федерации на ближайшее время являются увеличение объёма и ассортимента вырабатываемой продукции, существенное повышение её качества, а также глубины переработки сырья.

Прогрессивные в технологическом отношении способы приемки, обработки и хранения сельскохозяйственной продукции обеспечивают снижение потерь, способствуют сохранности и улучшению её качества и позволяют эффективнее использовать эти важнейшие продукты питания.

Целью учебного пособия является изучение современного оборудования и сооружений для приемки, транспортирования и хранения сельскохозяйственной продукции, обеспечивающего энергоресурсосбережение, экологическую безопасность, повышение технического и технологического уровня производства, сокращение потерь и сохранение качества продукции.

Полученные знания позволят специалистам эффективно управлять процессами хранения на любой стадии, обосновывать технологические требования к системам машин для хранения продукции, и на этой основе принимать решения, обеспечивающие рациональное использование сырья, сокращение его потерь, а также повышение качества сельскохозяйственной продукции.

Указанные задачи связаны с получением будущими технологами знаний и навыков по сооружениям и оборудованию для хранения сельскохозяйственной продукции.

В связи с этим учебным планом подготовки студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлению подготовки 35.03.07 «Технология производства и переработки продукции сельского хозяйства», профилю подготовки – Производство и переработка продукции животноводства, квалификация (степень) – «бакалавр» предусмотрено изучение дисциплины «Сооружения и оборудование для хранения сельскохозяйственной продукции».

В результате изучения дисциплины студент должен:

знать:

- современное состояние и тенденции развития сооружений для хранения сельскохозяйственного сырья и продуктов его переработки;
- назначение, область применения, классификацию, устройство, принцип действия и критерии выбора современного технологического оборудования отрасли;
- способы поддержания оптимальных режимов хранения продукции;

– методы управления технологическими процессами на предприятиях отрасли, обеспечивающие качественное хранение продукции, отвечающее требованиям стандартов;

– основы эксплуатации сооружений и технологического оборудования для хранения сельскохозяйственного сырья и продуктов его переработки;

– источники опасности и меры их предупреждения.

уметь:

– обосновывать выбор участка под строительство сооружений для хранения сельскохозяйственной продукции;

– выполнять необходимые расчеты по подбору конструкций сооружений и технологического оборудования;

– оптимизировать режимы работы технологического оборудования;

– определять погребные площади и проектировать размещение оборудования;

– проводить расчеты по определению основных эксплуатационных показателей работы машин и аппаратов.

владеть:

– основными приёмами по сбору информации и анализу состояния технологий производства, хранения и переработки с.х. продукции;

– навыками по организации контроля за качеством с.х. сырья и продуктов его переработки;

– навыками анализа своей деятельности как профессионального технолога с целью оптимизации собственной деятельности;

– навыками управления персоналом структурного подразделения предприятия, качеством труда и продукции.

Дисциплина направлена на формирование компетенций:

а) общекультурных (ОК):

• владением культурой мышления, способностью к обобщению, анализу, восприятию информации, постановке цели и выбору путей ее достижения (ОК–1);

• умением логически верно, аргументированно и ясно строить устную и письменную речь (ОК–2);

• готовностью к кооперации с коллегами, работе в коллективе (ОК–3);

• способностью находить организационно–управленческие решения в нестандартных ситуациях и готовностью нести за них ответственность (ОК–4);

• умением использовать нормативные правовые акты в своей деятельности (ОК–5);

- стремлением к саморазвитию, повышению своей квалификации и мастерства (ОК–6);

- осознанием социальной значимости своей будущей профессии, обладанием высокой мотивацией к выполнению профессиональной деятельности (ОК–8).

б) профессиональных (ПК):

- способностью использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применением методов математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования (ПК–1);

- владением основными методами защиты производственного персонала и населения от возможных последствий аварий, катастроф, стихийных бедствий (ПК–8);

- готовностью реализовать технологии хранения и переработки продукции растениеводства и животноводства (ПК–10);

- готовностью реализовать технологии хранения и переработки плодов и овощей (ПК–11);

- готовностью оценивать качество и безопасность сельскохозяйственного сырья и продуктов его переработки в соответствии с требованиями государственных стандартов (ПК–12);

- готовностью эксплуатировать сооружения и оборудование для хранения и технологическое оборудование для переработки сельскохозяйственного сырья с учетом различных процессов и аппаратов (ПК–13);

- готовностью использовать механические и автоматические устройства при производстве, хранении и переработке продукции растениеводства и животноводства (ПК–16);

- способностью к анализу и планированию технологических процессов в растениеводстве, животноводстве, переработке и хранении продукции как объектов управления (ПК–17);

- способностью к принятию управленческих решений в различных производственных и погодных условиях (ПК–18);

- способностью применять современные методы научных исследований в области производства, хранения и переработки сельскохозяйственной продукции согласно утверждённым программам (ПК–22);

- готовностью к анализу и критическому осмыслению отечественной и зарубежной научно-технической информации в области производства, хранения и переработки сельскохозяйственной продукции (ПК–23).

1 СРЕДСТВА ДЛЯ ПЕРЕМЕЩЕНИЯ РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ И ПРОДУКЦИИ

1.1 Транспортёры

Основной классификационный признак конвейера – тип тягового и грузонесущего органа. Различают конвейеры с ленточным, цепным, канатным тяговыми органами и без тягового органа (гравитационные, инерционные, винтовые).

Конвейеры с тяговым органом могут быть по виду грузонесущего органа ленточными, пластинчатыми, люлочными, скребковыми, ковшовыми и пр. Для таких конвейеров характерно общее с рабочим органом движение груза на рабочих участках. Тяговое усилие передается либо грузонесущим элементом, либо элементом, проталкивающим или тянущим груз по неподвижному желобу, трубе, настилу и т.п.

Для конвейера без тягового органа характерно раздельное движение груза и рабочих органов, совершающих круговое вращательное (роликовые, винтовые) или возвратно–поступательное рабочее движение (например, инерционные). Конвейеры могут иметь машинный привод (наиболее часто электрический, реже пневматический) или груз может перемещаться под действием силы тяжести (гравитационные).

В зависимости от условий используют напольные и подвесные конвейеры. Напольные могут быть стационарными, передвижными или переносными.

На конвейерах можно перемещать груз в горизонтальной или близкой к ней наклонной плоскости (ленточные, пластинчатые, тележечные, скребковые, роликовые, винтовые, вибрационные, качающиеся); в вертикальной или близкой к ней наклонной плоскости (скребковые, ковшовые, винтовые, вибрационные); в любой плоскости. В последнем случае конвейеры состоят из чередующихся горизонтальных, вертикальных или наклонных участков (подвесные, ковшовые, скребковые, люлочные и др.).

Кроме того, конвейеры могут различаться в зависимости от рода перемещаемых грузов – насыпных или штучных. Конструкция некоторых конвейеров позволяет транспортировать как насыпные, так и штучные грузы.

Особые группы конвейеров составляют элеваторы, вертикальные с подвесными ковшами, люльками или полками, эскалаторы,

специальные пластинчатые и ленточные для перемещения людей, шагающие конвейеры, триммеры, стакеры для штабелирования брёвен, а также комбинированные (например, роликоленточные конвейеры типа «Рапистан», обеспечивающие удержание штучных грузов на спусках с заданными интервалами) и т.д.

Ленточные транспортеры получили широкое применение в производстве: на складах, мельницах, элеваторах и зернотоках при больших грузопотоках. Они применяются на погрузке зерна, муки, удобрений, корнеплодов, бахчевых, яблок, хлопка, строительных материалов и кормов вертикально и под углом к горизонту. Ленточные транспортеры меньше травмируют груз, что особенно важно при транспортировании семенного материала.

Ленточные транспортеры с гладкой лентой применяются для горизонтального и слабонаклонного транспортирования (угол наклона до 20°), с рифленой лентой – до 40° и специальные – для крутонаклонного и вертикального транспортирования.

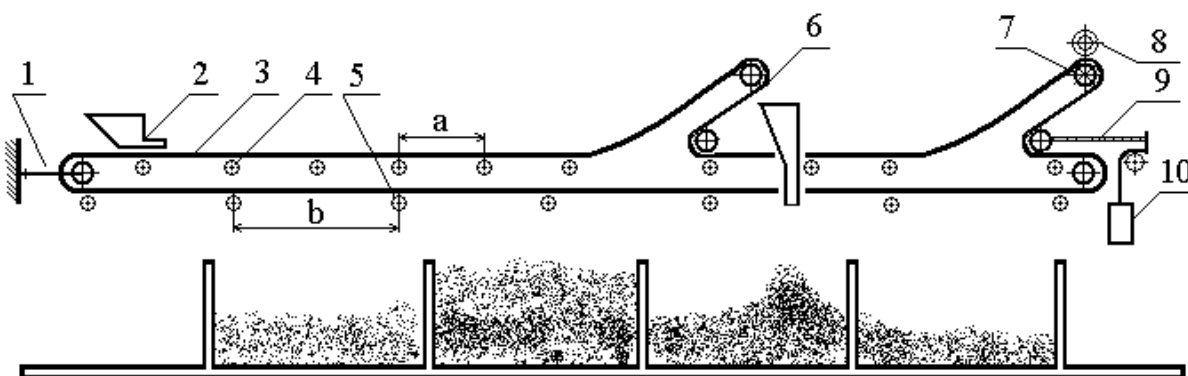


Рисунок 1.1 – Схема стационарного ленточного транспортера:

- 1 – поворотный барабан; 2 – загрузочное устройство; 3 – лента;
- 4 и 5 – роликовые опоры; 6 – разгрузочное устройство;
- 7 – приводной барабан; 8 – приводной механизм; 9 – натяжной механизм;
- 10 – груз; a, b – расстояние между роликами

Ленточные транспортеры могут быть стационарные (рисунок 1.1) и передвижные. Стационарный ленточный транспортер состоит из поворотного барабана 1, загрузочного устройства 2, ленты 3, роликовых опор 4 и 5, разгрузочного устройства 6, приводного барабана 7, приводного механизма 8, натяжного механизма 9.

Наиболее широкое распространение получили передвижные ленточные транспортеры с шириной ленты 400...650 мм, длиной – от

5 до 15 м, производительностью – от 27 до 65 т/ч при скорости ленты 4 м/с.

Транспортерная лента является грузонесущим органом транспортера, должна иметь малую гигроскопичность, высокие гибкость, прочность, износостойкость и малое удлинение. Ленты бывают хлопчатобумажные (Б–820, ОПБ–5, ОПБ–72), лавсано–хлопчатобумажные (ЛХ–120), капроновые (К–4–3), анидные (А–12–3), прорезиненные. В зависимости от конструкции опор транспортерная лента получает разную форму поперечного сечения, что позволяет определить площадь сечения груза, как необходимого показателя при подсчете производительности.

Ленточные транспортеры, состоящие из отдельных секций 2...3 м, с одной общей лентой, могут быть встроенными в технологические линии и применяются на погрузке ящиков с овощами, фруктами, рассадой и другими грузами.

Ленточно–трубчатый транспортер рекомендуется для перемещения связных грузов таких, как жом, кормосмесь, запаренная соломенная сечка и т. д. (рисунок 1.2).

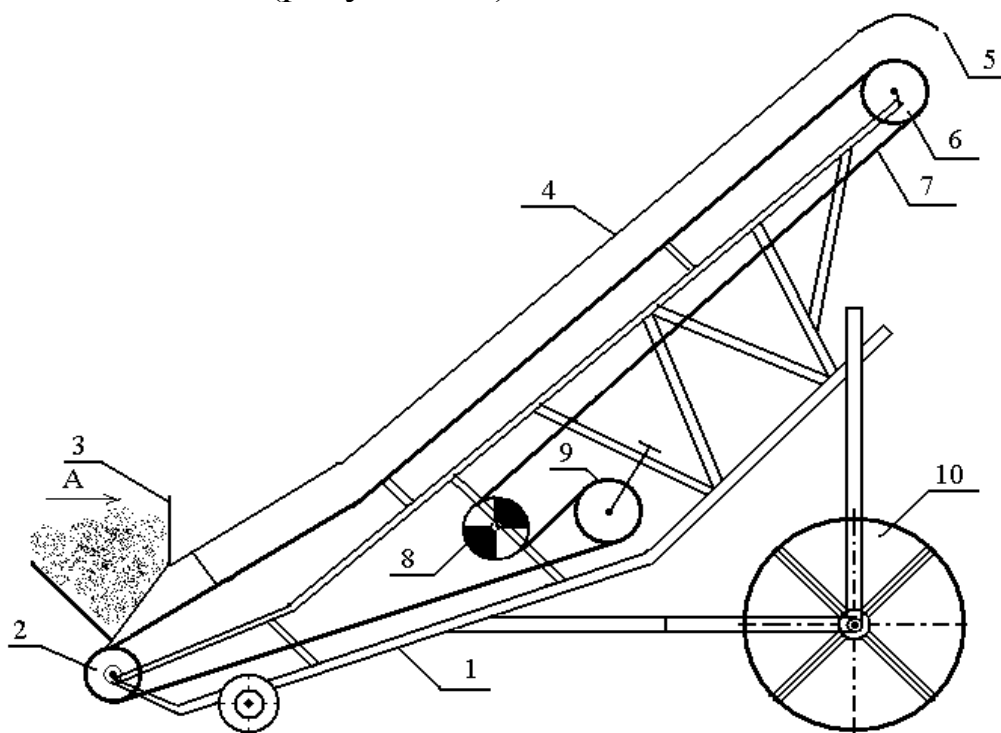


Рисунок 1.2. Схема ленточно–трубчатого транспортера:

1 – рама; 2, 6 – ведомые барабаны; 3 – выравнивающее устройство, направляющая труба; 4 – направляющая труба; 5 – оградительный кожух; 7 – транспортерная лента; 8 – ведущий барабан; 9 – натяжной барабан; 10 – опорные колеса

Ленточно–трубчатый транспортер состоит из рамы 1, на которой установлены ведущий барабан 8 и ведомые барабаны 2,6. Рама опирается на колеса и на ней устанавливается направляющая труба 4, в которой движущаяся лента получает круглую форму в поперечном направлении.

Принцип его работы заключается в следующем: материал, поступающий на ленту, обжимается последней и увлекается к месту разгрузки.

Скребковые, планчатые и пластинчатые транспортеры получили широкое применение для перемещения сыпучих грузов.

Скребковые транспортеры применяют для хорошо сыпучих грузов (початков, корнеплодов, плодов, зерна, муки, удобрений, угля и навоза). Они бывают самостоятельными и встроенными в специальные машины. Тяговым органом может быть цепь, лента и канаты.

Скребковый транспортер работает по принципу волочения транспортерного груза по желобу (рисунок 1.3). Бесконечная цепная передача 2, приводимая в движение механизмом привода 1, содержит, расположенные на определенном расстоянии друг от друга, скрепки 3, которые могут быть выполнены в виде пластин или ковшей. Движение бесконечной цепи со скребками увлекает за собой продукт 7, находящийся на поверхности 5. Для стабилизации работы транспортера имеется опорная поверхность 6, предотвращающая вытягивание цепи вверх.

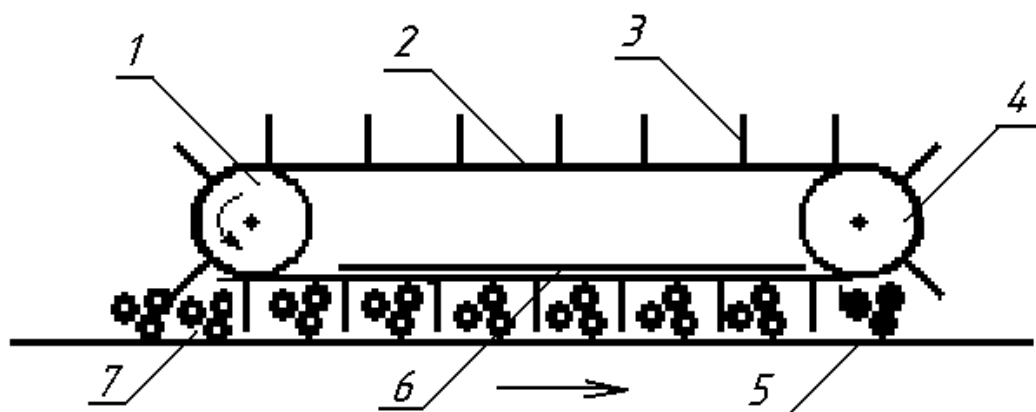


Рисунок 1.3 – Схема скребкового транспортера:

- 1– механизм привода цепной передачи; 2 – бесконечная цепная передача;
3 – скребок; 4 – механизм натяжения цепной передачи;
5 – опорная поверхность продукта; 6 – опорная поверхность цепной передачи; 7 – продукт

Недостатком скребкового транспортера является измельчение и механическое повреждение груза, быстрый износ направляющего желоба.

В *планчатых транспортерах* тяговые органы снабжены планками, расставленными на одинаковом расстоянии, а в *пластинчатых* – сплошным настилом из пластин. Эти транспортеры просты по конструкции, имеют возможность загрузки и выгрузки в любом месте на длине транспортера, а перемещение груза можно осуществлять в любом направлении.

Пластинчатые транспортеры (рисунок 1.4) состоят из набора металлических пластин двух типов – в виде круга 3 и в виде ограниченного с двух сторон полуокружностями элемента 2, насаженных на бесконечную цепь 1, приводимую в движение приводом 5. Сопряжение круга 3 и элемента 2 образует плоскость с возможностью их смещения относительно друг друга в горизонтальной плоскости на поворотах транспортера.

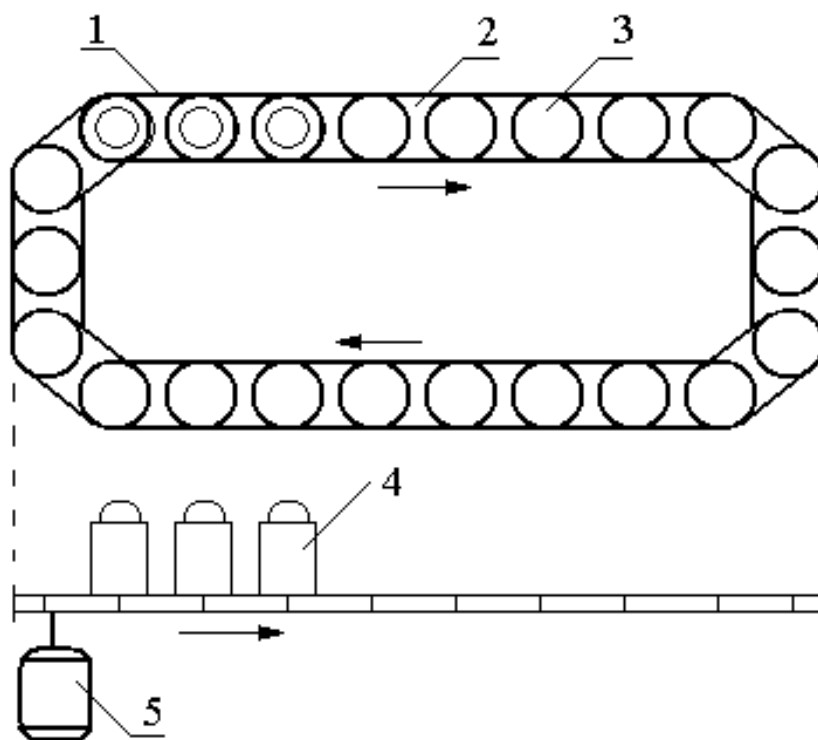


Рисунок 1.4 – Схема пластинчатого транспортера:

1 – приводная цепь с пластинами; 2 – пластина типа X; 3 – пластина типа O; 4 – перемещаемый предмет; 5 – привод

Преимуществом пластинчатых транспортеров перед ленточными является возможность подачи предметов по замкнутому контуру любой конфигурации.

Роликовые транспортеры организуют и упорядочивают хаотичный поток продуктов округлой формы (плоды, картофель, морковь и т.д.), что находит применение в механизированных и автоматизированных сортировочных устройствах.

В механизированных сортировочных устройствах транспортер подает поток плодов к оператору, причем по мере прохода перед ним последние вращаются, улучшая тем самым работу человека.

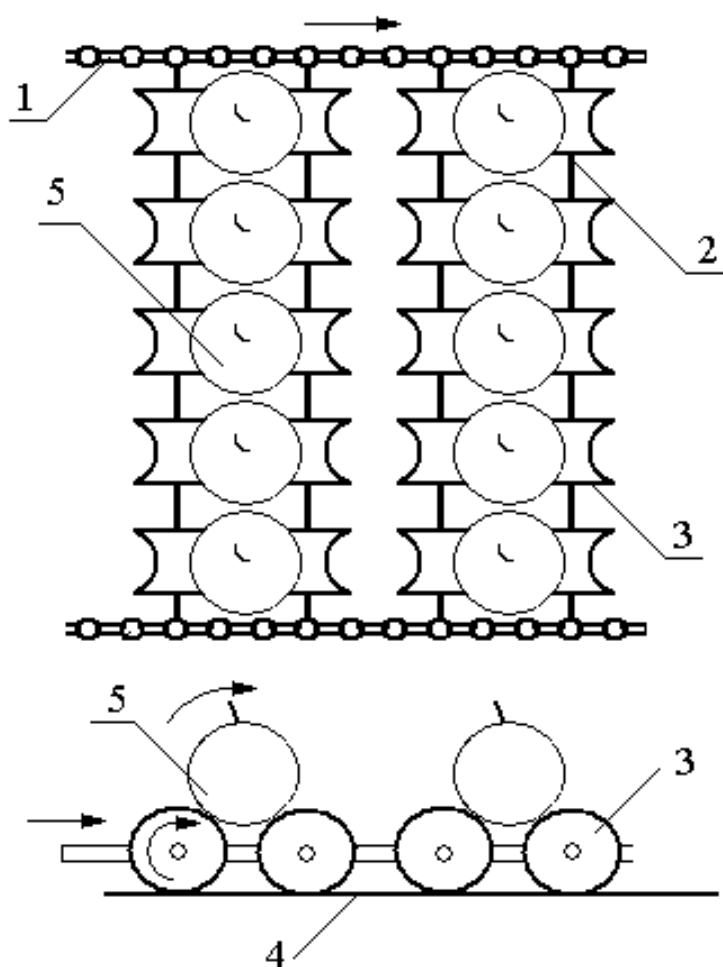


Рисунок 1.5 – Схема роликового транспортера:
 1 – бесконечная цепь; 2 – вал; 3 – фигурный ролик;
 4 – опорная поверхность; 5 – плод

Принцип работы роликового транспортера показан на рисунке 1.5. К двум бесконечным цепям 1 через определенные расстояния прикреплены валы 2. На них насажены с возможностью свободного вращения фигурные ролики 3, опирающиеся на поверхность 4. Продукт помещается между соседними рядами роликов. Цепь 1 движется в направлении, указанном стрелкой. Фигурные ролики 3, опираясь на поверхность 4, за счет сил трения вращаются. Находящиеся на них

продукты округлой формы 5 также вращаются, давая возможность, например, осматривать себя со всех сторон или омыwać водой. Ролики могут иметь разную конфигурацию, в зависимости от продукта, а также иметь принудительный привод. Недостатком роликовых транспортеров является повышенная повреждаемость продукта во время транспортировки, особенно при закладке плодов на хранение, однако для консервного производства это не имеет значения. Роликовые транспортеры могут транспортировать продукт в горизонтальном и наклонном направлениях.

Винтовые транспортеры (шнеки) применяются для перемещения сыпучих грузов в виде самостоятельных машин и встроенных в специальные машины. Шнеки используются в технологических операциях смешивания кормов, разбрасывания навоза, протравливания зерна и в моечных машинах корнеплодов, плодов и овощей. Эти транспортеры перемещают груз горизонтально, под углом и вертикально.

Винтовой транспортер (рисунок 1.6) состоит из шнека на валу 3, который вращается приводной станцией 1. Продукт подается через загрузочный бункер 2 из которого он по действием собственного веса попадает в полый цилиндр 4 на вращающиеся лопасти шнека 5, которые увлекают его в направлении, указанном стрелкой. Дойдя до конца полого цилиндра 4 продукт под давлением лопастей выходит из него через выходное отверстие.

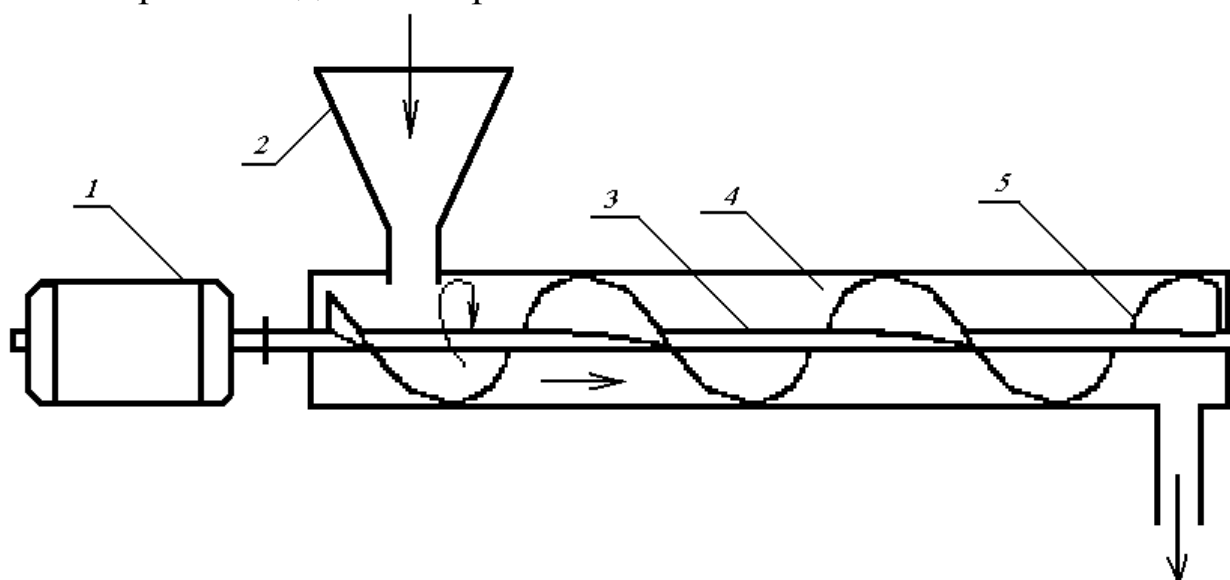


Рисунок 1.6 – Схема шнекового транспортера:

1 – приводная станция; 2 – загрузочный бункер; 3 – вал шнека;
4 – полый цилиндр; 5 – лопасти шнека (винт)

Метательные машины применяют при погрузке зерна, силоса, укрытия буртов, для разбрасывание навоза, минеральных удобрений. Широкое применение метатели получили на зерноскладах и зернотоках. Достоинства метателей: малая энергоемкость, компактность конструкций, большая маневренность, возможность перемещения материала в любом направлении. При перемещении зерна метателем можно снизить влажность и увеличить высоту бурта в хранилище. Основные рабочие органы метателей бывают ленточные, лопастные, дисковые, кольцевые и вентиляторные.

Метательные транспортеры работают по следующему принципу – груз поступает в загрузочный бункер, а затем, лентой ведущего барабана подается на ленту натяжного барабана. В результате груз перемещается под углом. При выходе груза с лент по инерции он продолжает двигаться, преодолевая тем самым определенное расстояние по воздуху.

Скорость груза для ленточных метателей $v=1,3...18$ м/с, при этом дальность полета зерна 10...20 м.

Транспортирование груза *вибротранспортерами* совершается перемещениями или скачками по грузонесущему органу.

Такие конвейеры бывают: инерционные с постоянным или переменным давлением груза на дно желоба, без отрыва от дна желоба; вибрационные. Когда груз перемещается бросками с отрывом от дна желоба их применяют, как питатели в перерабатывающих отраслях, мельзаводах, на складах, элеваторах. Они способны перемещать сыпучие и штучные грузы, удобрения, картофель, корнеплоды, плоды, ягоды, мешки и ящики.

Применяемые вибрационные и инерционные транспортеры имеют производительность 5...140 т/ч, длину транспортирования 2,5...50 м, размер желоба или трубы 0,15...1,0 м, мощность привода 0,6...14,0 кВт.

Принцип действия *пневматических транспортеров* основан на способности сыпучей продукции перемещаться совместно с потоком воздуха. Поток воздуха создается специальным вентилятором, который всасывает сыпучий продукт из емкости (бурта, закрома и т. д.) в трубопровод и направляет его к месту выгрузки. Пневматические устройства получили широкое применение благодаря их преимуществам перед механическими. Они перемещают груз воздушным потоком по трубопроводам, чаще транспортируют груз в россыпи (зерно, солома, сено, силос, шерсть, хлопок, комбикорм, муку и т. п.). Пневмотранс-

портеры бывают самостоятельными и встроенными в технологические линии.

Пневматические транспортеры бывают трех видов – всасывающие, нагнетательные и комбинированные.

Принцип работы всасывающего транспортера показан на рисунке 1.7. В сыпучий материал 1 опущены сопла 2, присоединенные к гибким шлангам 3, которые соединены с трубопроводами 4. Из трубопровода воздух отсасывается вакуум-насосом (вентилятором) 9. Под напором наружного воздуха материал 1 поступает через сопла 2, шланг 3, трубопровод 4 в циклон (разгрузатель) 5 и через шлюзовой затвор 6 в сборный бункер 7. Освобожденный от материала воздух поступает в фильтр 8, а из него вакуум-насосом 9 удаляется в атмосферу.

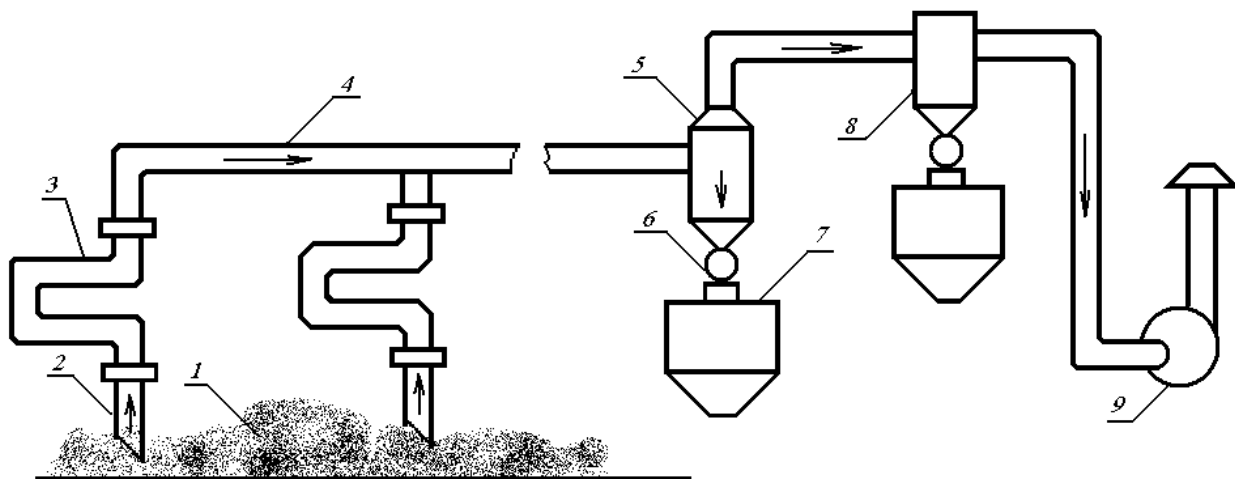


Рисунок 1.7 – Схема пневматической транспортной установки:

1 – транспортируемый материал; 2 – сопла; 3 – гибкий шланг;
4 – трубопровод; 5 – циклон; 6 – шлюзовой затвор; 7 – бункер;
8 – фильтр; 9 – вакуум насос

Подобные транспортеры применяют для перемещения груза на небольшое расстояние. Их используют для разгрузки сыпучих грузов из вагонов, барж, кузовов автомобилей в склады.

Нагнетательный транспортер работает по принципу захвата сыпучего груза из бункера струей воздуха от вентилятора и перемещения его по трубопроводу к месту складирования. Такие транспортеры используют для транспортирования груза на большие расстояния. Эти транспортеры бывают низкого давления – до 1,0 кПа, применяемые для транспортирования сена, соломы, половы; среднего давления

– до 3 кПа и высокого давления – до 15 кПа – для перемещения зерна и других сыпучих грузов.

Комбинированный транспортер использует принцип нагнетания и всасывания. Чаще всего он применяется для перегрузочных работ, например из транспортных средств в силосные башни элеваторов. Поток воздуха, создаваемый вентилятором, всасывает соплом зерно по гибкому трубопроводу. Далее воздух с грузом нагнетается в трубопровод и транспортируется по нему к месту складирования.

Достоинства пневматического транспортера – способность работать при любых трассах транспортирования, малая металлоемкость, простота конструкции, мягкая, без толчков, с малыми потерями работа, создание приемлемых гигиенических условий в производственных помещениях, охлаждение и проветривание груза.

Недостатки пневматического транспортера – повышенное потребление энергии (в 5...6 раз больше, чем у механического), повышенный износ соприкасающихся с грузом рабочих частей.

Конвейер, работа которого основана на аэрировании груза, приводящем его в «псевдооживленное» состояние, называется *аэрожелобом*. Он состоит из двух каналов 2 и 5 (рисунок 1.8), разделенных пористой перегородкой 3, изготовленной из керамики или бельтинга (восьмислойной хлопчатобумажной ленты). Транспортируемый материал через загрузочное устройство 1 поступает самотеком в верхний канал 2.

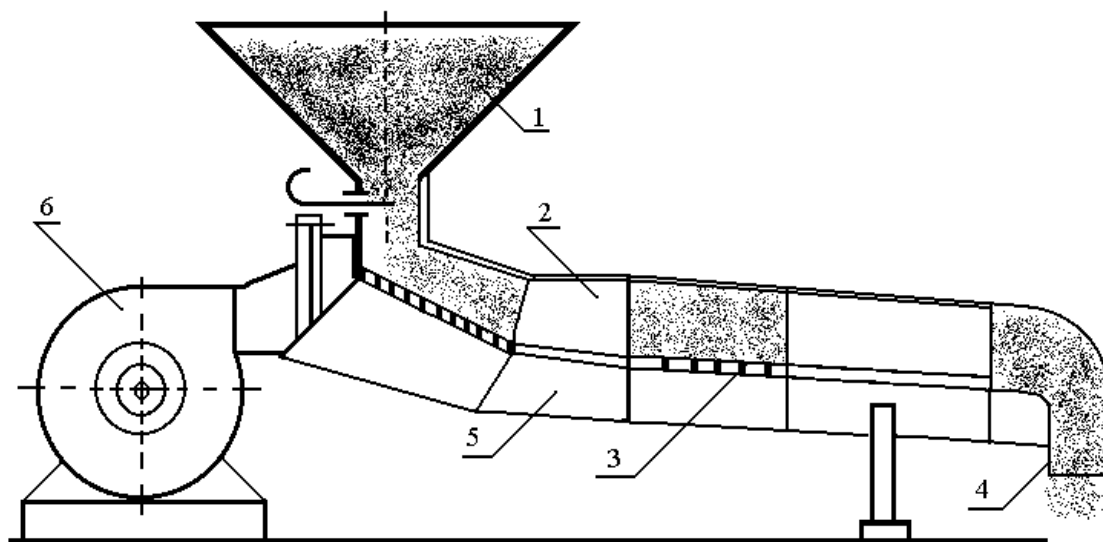


Рисунок 1.8 – Аэрожелоб:

- 1 – загрузочное устройство; 2 – грузовой канал; 3 – перегородка;
4 – разгрузочное окно; 5 – воздушный канал; 6 – вентилятор

Воздух, нагнетаемый вентилятором 6, подается в нижний канал 5, проходит через пористую перегородку 3, а груз отводится через окно на грузовом канале 2, которое можно располагать в любом месте по длине транспортирования, достигающей до 40 м. В процессе движения воздуха через груз внутреннее трение снижается и груз приобретает свойства жидкости. Таким образом, псевдоожижение – это промежуточное состояние между неподвижным слоем материала и уносом его частиц воздушным потоком, т. е. началом процесса пневматического транспортирования. Выход груза осуществляется через разгрузочное окно 4.

Аэрированный груз под действием сил тяжести способен течь в аэрожелобе с уклоном $\alpha=34^\circ$. Этот вид транспортеров применяют для порошкообразных грузов (муки, порошков и др.).

Достоинства аэрожелобов – простота конструкции и малая металлоемкость, небольшая энергоемкость, высокая производительность, соблюдение гигиены и исключение потерь груза. Недостатки аэрожелобов – невозможно транспортировать груз с подъемом и зависимость его работы от степени сухости воздуха.

Перемещение штучных и сыпучих грузов под действием силы тяжести осуществляется с помощью *самотечных транспортеров*. Для этого используют спускные устройства, скаты, роликовые и винтовые спуски, а для сыпучих грузов – лотки, желоба и трубы.

В *винтовых спускных* устройствах перемещение груза осуществляется по винтовой поверхности за счет силы притяжения, центробежной силы и сил трения.

Роликовые спуски представляют собой поверхность из роликов, свободно вращающихся вокруг своей оси. Поверхность такого транспортера наклонена к горизонту под углом, что позволяет материалу передвигаться под действием собственного веса.

Лотковый спуск представляет собой пассивный направляющий элемент в виде желоба, трубы (рисунок 1.9). Движение материала по лотку называется связным, если его движение происходит без внутреннего перемещения частиц относительно друг друга. При смещении частиц возникают силы внутреннего трения. Такое движение называется несвязным.

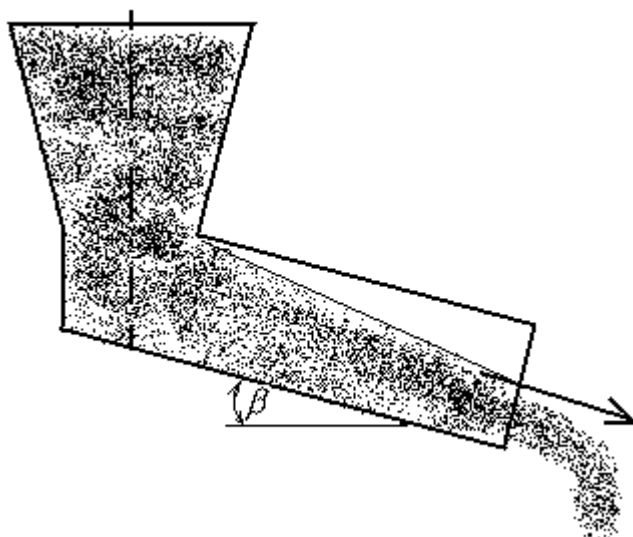


Рисунок 1.9 – Схема работы лоткового спуска

Угол наклона самотечных труб и лотков назначают большим, чем угол внутреннего трения транспортируемого груза: для зерна $\beta = 21...27^\circ$, при повышенной влажности 45° ; для муки, жмыха и отрубей $\beta = 32...48^\circ$; для картофеля, корнеплодов и плодов $\beta = 36...43^\circ$. Потоки грузов в самотечных устройствах разделяют на активные – ускоряющие и самотормозящие – замедляющие движение.

Для перемещения кускового, штучного, сыпучего, связного и других материалов по вертикали применяют нории – цепочные или ленточные элеваторы.

По конструкции рабочего органа они разделяются на ковшовые, люлечные, полочные, с карманами и т. д.

Ковшовые рабочие органы жестко крепятся к несущим цепям. В момент изменения направления движения, например, после движения вверх и начала движения вниз, они опрокидываются и выгружают находящийся в них материал. Ковшовый элеватор с центробежной разгрузкой (рисунок 1.10) имеет ковши 2, жестко скрепленные с осями тяговых органов 3 (цепи). Приводная звездочка 1 перемещает ковши 2 вверх, загрузка которых осуществляется внизу (показано стрелкой). При достижении наивысшей точки ковши опрокидываются с большой скоростью. Под действием центробежной силы продукт, находящийся в ковше, высыпается из него и направляется по трубопроводу к месту складирования. Ковшовый элеватор с гравитационной разгрузкой имеет ковши, жестко скрепленные с тяговым органом (цепи, полотно), что позволяет опрокидывать ковши с более низкой скоро-

стью, а материал, находящийся в ковше, покидает его под действием собственного веса.

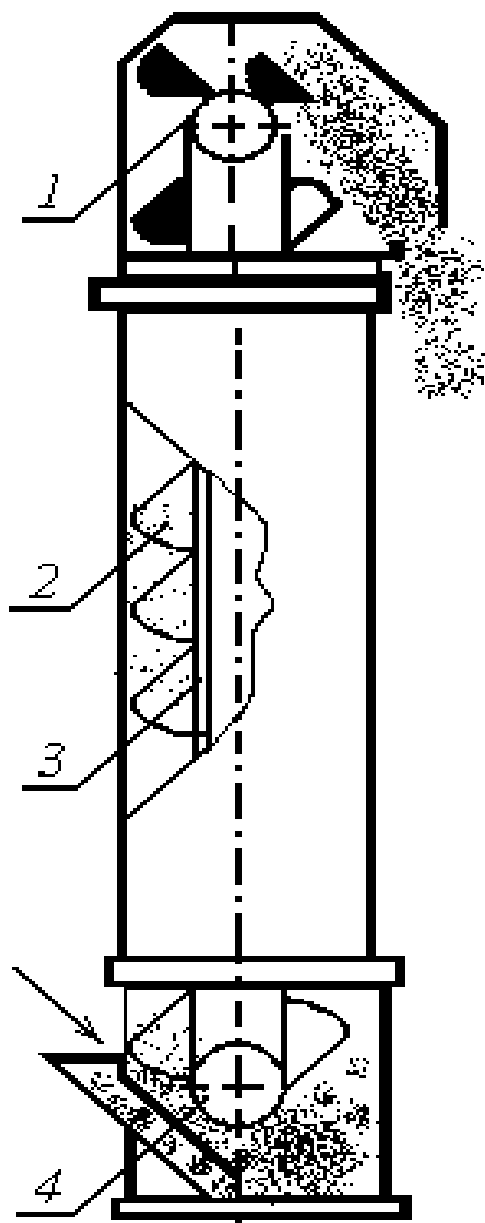


Рисунок 1.10 – Схемы нории с центробежной разгрузкой:

- 1 – приводные звездочки;
2 – ковши; 3 – тяговые органы; 4 –
натяжная звездочка

Ковшовый элеватор с полками на тяговом органе (цепи, полотне) имеет полки, на которые внизу загружают штучный материал, а выгружают вверх. Конструкция подобного элеватора позволяет с помощью специальных приспособлений осуществлять полную механизацию загрузки и выгрузки материала.

Люлочные рабочие органы подвешиваются на несущих тяговых органах свободно, поэтому при изменении направления движения они не опрокидываются. Загрузка и выгрузка материала выполняется с помощью дополнительных устройств или вручную.

Привод норий осуществляется специальной звездочкой 1, а натяжение тягового органа – натяжной звездочкой 4 (см. рисунок 1.10).

Для транспортирования корнеплодов, навоза, силоса и других подобных грузов рекомендуются элеваторы с *цепным тяговым органом*.

Ковшовые элеваторы применяются на элеваторах и мельницах для транспортирования зерна, муки и комбикормов.

1.2 Расчет производительности транспортных средств

Расчет производительности ленточных конвейеров

Производительность ленточного конвейера ($\Pi_{\text{л}}$) при перемещении плодов и овощей и других сыпучих грузов рассчитывается по формуле

$$\Pi_{\text{л}} = b \cdot h \cdot v \cdot \rho \cdot k_{\text{л}}, \quad (1.1)$$

где b – ширина ленты, м;

h – высота (толщина) слоя груза на ленте (при однослойном размещении сырья $h = d_{\text{ср}}$, где $d_{\text{ср}}$ – средний размер плода, м);

v – скорость движения ленты, м/с (расчетная скорость может отклоняться от стандартной не более чем на 10%);

ρ – насыпная плотность груза, кг/м³;

$k_{\text{л}}$ – коэффициент заполнения ленты, $k_{\text{л}} = 0,6 \dots 0,9$.

При перемещении штучных грузов эта формула имеет вид

$$\Pi_{\text{шт}} = \frac{v \cdot K_{\text{р}} \cdot k_{\text{н}}}{a}, \quad (1.2)$$

где a – расстояние между центрами перемещаемого груза по длине ленты, м;

$K_{\text{р}}$ – число рядов изделий по ширине ленты, $K_{\text{р}} = 1$;

$k_{\text{н}}$ – коэффициент неравномерности подачи изделий, $k_{\text{н}} = 0,8 \dots 1$;

На ленточных сортировочных конвейерах А9–К1 (приложение 1.1) плоды и овощи разделяются по степени зрелости, цвету, пятнистости, ожогам и отбраковывается некондиционное сырье.

Скорость движения лент инспекционных конвейеров должна быть не более 0,2 м/с, укладочных – не более 0,16 м/с.

Расчет производительности винтовых конвейеров

Производительность винтового конвейера (м³/с) рассчитывается по формуле

$$\Pi_{\text{в}} = 0,0131 \cdot D^2 \cdot S \cdot n \cdot \rho \cdot k_{\text{ж}} \cdot C, \quad (1.3)$$

или в кг/ч

$$\Pi_{\text{в}} = 47,1 \cdot D^2 \cdot S \cdot n \cdot \rho \cdot k_{\text{ж}} \cdot C, \quad (1.4)$$

где D – наружный диаметр винта, м;

S – шаг винта, $S = (0,8 \dots 1,0) \cdot D$, м;

n – частота вращения винта, с^{-1} (допускаемое отклонение расчетной частоты вращения от стандартной не более 10%);

$k_{\text{ж}}$ – коэффициент заполнения желоба, $k_{\text{ж}}=0,2...0,65$;

C – коэффициент, учитывающий угол наклона β винтового конвейера к горизонтальной плоскости:

$\beta, \text{град}$	0	5	10	15	20	90
C	1	0,9	0,8	0,7	0,6	0,275...0,488

В промышленности применяются разные типы и марки винтовых конвейеров, в том числе горизонтальные винтовые конвейеры УШ2Ч (приложение 1.2).

Расчет производительности скребковых конвейеров

Производительность скребкового конвейера (кг/с) рассчитывается по формуле

$$П_C = b_{\text{ж}} \cdot h_{\text{ж}} \cdot v \cdot \rho \cdot k_{\text{ж}} \cdot C, \quad (1.5)$$

где $b_{\text{ж}}$ – ширина желоба ($b_{\text{ж}}=b+2 \cdot \delta$), м;

$h_{\text{ж}}$ – высота желоба ($h_{\text{ж}}=h+\delta$), м;

b – длина скребка, м;

δ – зазор между скребком и желобом, м;

h – высота скребка, м;

v – скорость движения скребков, м/с;

$k_{\text{ж}}$ – коэффициент заполнения желоба;

C – коэффициент, учитывающий угол β наклона конвейера:

$\beta, \text{град}$	0	10	20	30	35	40
C для груза легкосыпучего	1	0,35	0,65	0,5	–	–
C для груза комковатого	1	1	1	0,75	0,6	0,5

Расчет производительности роликовых конвейеров

Конвейеры этого типа применяются преимущественно для инспекции сырья. Непригодные (в основном гравитационные) рольганги используются для скатывания по ним коробок, ящиков и автоклавных корзин.

Производительность роликового инспекционного конвейера определяется по формуле (1.1), при этом $k_{\text{л}}=0,4...0,6$.

В настоящее время для консервной промышленности выпускаются инспекционный роликовый конвейер КТО и дифференцирован-

ный ряд сортировочных роликовых конвейеров А9–К2 (приложение 1.3).

Расчет производительности норий и элеваторов

Нории и элеваторы «гусиная шея» применяются для перемещения сыпучих и мелкокусковых грузов по вертикали (нории) и в наклонной плоскости.

Производительность ковшового элеватора (в кг/с) определяется по формуле

$$П_K = \frac{v}{a} \cdot i \cdot \rho \cdot k_K, \quad (1.6)$$

где a – расстояние между соответствующими точками ковшей (например, между передними кромками), м;

i – вместимость ковша, м³;

k_K – коэффициент заполнения ковшей, $k_K=0,6...0,8$.

В технологических линиях консервной промышленности широкое распространение получает элеватор «гусиная шея» Р9–КТ2–Э (приложение 1.4) производительностью по гороху 13500, по овощам – 9000, по фруктам – 5850 кг/ч.

Контрольные вопросы: Как классифицируются транспортеры? При каких уклонах применяются ленточные транспортеры с гладкой лентой? При каких уклонах применяются ленточные транспортеры с рифленой лентой? При каких уклонах применяются специальные ленточные транспортеры? Каким требованиям должны отвечать транспортерные ленты? Для каких продуктов применяются скребковые, планчатые и пластинчатые транспортеры? По какому принципу работает скребковый транспортер? Для каких продуктов применяются винтовые транспортеры? По какому принципу работает метательный транспортер? Какова скорость и дальность полета зерна для ленточных метателей? Какие виды пневматических транспортеров Вы знаете? Каковы достоинства и недостатки аэрожелобов? Каким образом по конструкции рабочего органа разделяются нории?

2 УСТРОЙСТВО И ОБОРУДОВАНИЕ ЗЕРНОСКЛАДОВ И ЗЕРНОХРАНИЛИЩ

2.1 Зерносклады

Зерно хранится в складах и элеваторах.

Зерносклады – это сооружения с горизонтальными или наклонными полами, предназначенные для хранения зерна насыпью по всей площади склада. Наиболее распространенный в Российской Федерации тип горизонтальных зерновых емкостей с плоскими полами. Размеры склада – ширина, длина, высота стен и треугольной или овальной крыши – определяются в зависимости от местных условий. Обычно ширина складов принимается 15–30 м, длина – 40–90 м, высота стен, считая от уровня пола, – 3,0–3,4 м. Общая высота склада от пола до конька крыши составляет 8,3–9,5 м. Полы – чаще всего асфальтированные. Крыша – двускатная. Такие склады строили и строят, используя для сооружения фундаментов и стен местные материалы (бут, кирпич), в последнее время – железобетон, а для стропил и обрешетки крыши – дерево (реже – металлопрокат, железобетонные конструкции или плиты), для кровли – кровельный оцинкованный лист, металлочерепицу или другие материалы.

Наиболее распространенный в стране тип зерносклада вместимостью 3,2 (3,0) тыс. т имеет размеры в плане 20×62 м (20×60 м), высоту стен от пола – 3,2 м, общую высоту до конька крыши – 8,3 м.

Типовые зерносклады из сборных железобетонных конструкций строят большей вместимостью – 5500 (5900 или 6900) т. Их размеры чаще всего: в плане 24×90 м, высота по коньку крыши – 9,5 м.

Зерносклады с горизонтальными полами предназначены для размещения и хранения насыпью зерна и маслосемян всех культур. Будучи разгороженными в виде отдельных секций или закромов, они нередко используются для хранения насыпью мелких партий зерна, сортовых семян, а без перегородок – для размещения тарных грузов, чаще – муки и крупы.

Зерносклады делятся на немеханизированные и механизированные.

В немеханизированных зерноскладах все работы с зерном и тарными грузами (загрузка, выгрузка) осуществляются при помощи передвижной механизации. При необходимости зерносклады оборуду-

ют стационарными или переносными установками для активного вентилирования зерна.

В целях увеличения вместимости зерноскладов и полной механизации работ в местах с низким уровнем залегания грунтовых вод (ниже 6–8 м от уровня пола) в некоторых складах вместо горизонтального пола устраивали котлован с наклонными полами и заглубленной конвейерной галереей. Однако такие конструкции складов не оправдали себя, так как уровень грунтовых вод нередко изменялся, а гидроизоляция оказывалась ненадежной. В таких складах, как правило, засыпали котлованы, устраивая горизонтальные полы.

Зерновые склады классифицируют в зависимости от способа размещения зерна, степени механизации погрузочно-разгрузочных работ, срока хранения зерна и вида строительного материала. Одно из основных требований, предъявляемых к зерноскладам – это экономичность, как при строительстве, так и при эксплуатации. Наиболее распространенная форма – прямоугольник.

Современные зерносклады характеризуются использованием следующих технологических приемов:

- механизацией транспортных и погрузочно-разгрузочных работ;
- контролем температуры и влажности зерна,
- регулированием температуры и влажности хранимого зерна путем вентилирования воздухом;
- дополнительной обработкой зерна перед и в процессе хранения с целью поддержания его качества (очистка, сушка, охлаждение, дезинсекция и т.п.).

Требования, предъявляемые к зерноскладам. Необходимые качества зерна при длительном хранении могут быть обеспечены только в правильно устроенных зерноскладах, требования к которым обусловлены наиболее важными свойствами зерна.

Зерносклады любого типа обычно строят неотапливаемыми, без чердачных перекрытий. В них максимально должны быть устранены причины, вызывающие болезни зерна: они должны быть сухими, чистыми, хорошо вентилироваться, недоступными для грызунов, птиц, насекомых и других вредителей зерна и тщательно защищены от проникания в них атмосферных осадков, поверхностной и грунтовой влаги.

Внутренняя планировка зерноскладов, конструкция, форма и размеры емкостей для хранения зерна (закромов, бункеров, отсеков

или силосов), их размещение в хранилищах должны обеспечивать свободный подход к зерну для наблюдения за его состоянием и возможность внутрискладской обработки зерна во время хранения. В зерноскладах должны быть обеспечены действия для очистки, осмотра и дезинсекции отдельных частей здания, внутреннего оборудования и здания в целом. Внутренняя поверхность стен зерноскладов должна быть без щелей и трещин, в которых могли бы гнездиться амбарные вредители.

Необходимо, чтобы полезный объем зерносклада максимально использовался для загрузки зерном и стоимость здания на 1 т хранимого зерна была бы наименьшей.

Виды зерноскладов. В зависимости от способов хранения зерна зерносклады, сооружаемые в сельскохозяйственных предприятиях и хлебоприемных пунктах, подразделяются на следующие типы:

- закроменные, где зерно хранят в отдельных емкостях – закромах (отсеках);
- напольные, где зерно хранят насыпью на горизонтальном или наклонном полу, а семенное зерно – в таре на горизонтальном полу;
- комбинированные, в которых зерно хранится насыпью на полу и в отдельных емкостях – бункерах или закромах;
- бункерные, в которых зерно хранится в отдельных бункерах.

Типовые проекты зерноскладов разрабатывают на различную вместимость. Зерносклады, строящиеся в хозяйствах, просты по своей конструкции, для их строительства широко используют местные материалы.

На хлебоприемных пунктах, где сосредоточивается большое количество зерна, и на предприятиях, связанных с переработкой зерна (мельницы, комбикормовые заводы и др.), строят зерновые склады большой вместимости из сборных конструкций.

Транспортные системы зерноскладов. Транспортные системы зерноскладов служат для загрузки и выгрузки продукции. Транспортные операции в немеханизированных складах выполняются с помощью средств передвижной механизации. В механизированных складах применяют стационарные транспортные механизмы.

Загрузка хранилища. Каждый отсек зерносклада заполняют с помощью ленточного конвейера, расположенного сверху вдоль хранилища. Разгрузочная тележка перемещается вдоль конвейера и ссыпает с него зерно вниз в заданном месте хранилища. Для выравнивания уровня зерна по площади хранилища имеется скребковый транс-

портер–разравниватель, расположенный поперек и перемещающийся вдоль хранилища. Скребковый транспортер выравнивает уровень зерновой массы по всей площади хранилища и по мере повышения уровня зерна он поднимается.

Выгрузка хранилища. Выгрузка осуществляется в два этапа. На первом этапе путем самотека, на сколько позволяет угол естественного откоса, зерно поступает на выгрузной ленточный конвейер, который перемещает его за пределы хранилища. На втором этапе включают скребковый транспортер, который подает зерно из дальних участков хранилища к ленточному конвейеру. Остатки зерна с пола удаляют вручную или с помощью передвижного транспортера.

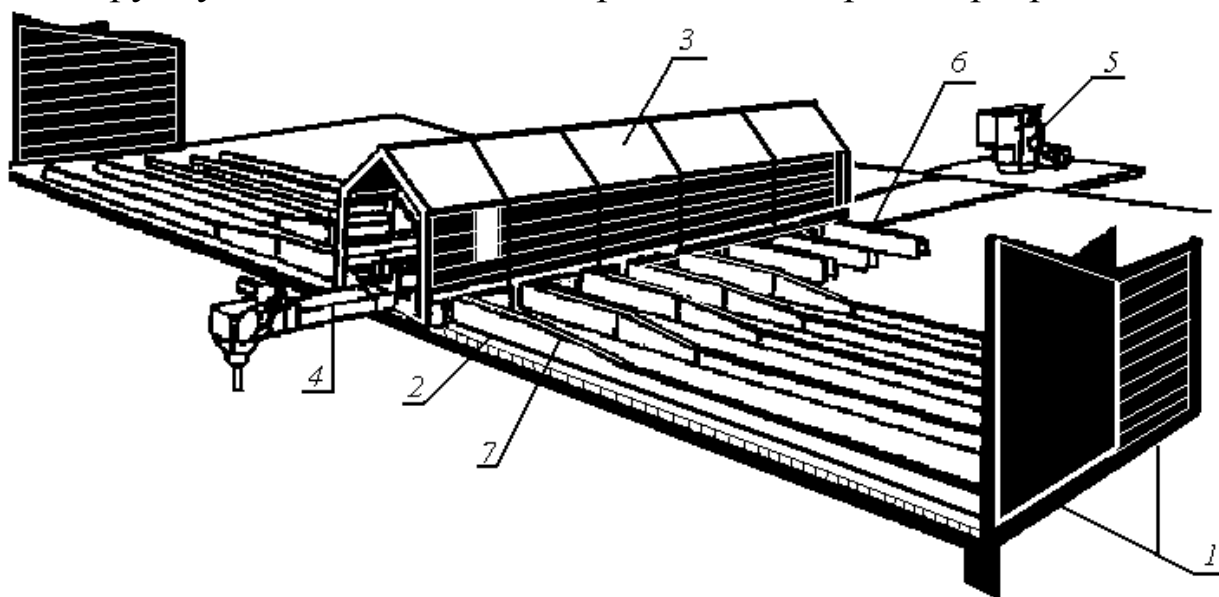


Рисунок 2.1 – Общий вид зернохранилища:

1 – стены; 2 – пол; 3 – транспортная галерея; 4 – ленточный конвейер;
5 – вентилятор; 6 – вентиляционные каналы; 7 – отверстия
вентиляционного канала.

Пример устройства зернохранилища с вентиляцией и механизированной выгрузкой приведен на рисунке 2.1. В данном зернохранилище вентиляционная система используется не только для охлаждения зерновой массы, но и для ускорения выгрузки. Она состоит из вентилятора 5 и вентиляционных каналов 6, расположенных вдоль хранилища (поперек транспортной галереи 3). В транспортной галерее 3 расположены ленточный конвейер 4 для вывода зерна из хранилища и воздухопровод, подводящий воздух от вентилятора 5 к вентиляционным каналам 6. Вентиляционные каналы имеют трапециевидальную форму переменного сечения и отверстия 7. Переменное се-

чение канала необходимо для выравнивания скорости воздуха вдоль канала.

В процессе хранения воздух вентилятором 5 подается по каналам 6 через отверстия 7 к массе зерна, осуществляя тем самым его охлаждение и вентилирование. При выгрузке зерна на первом этапе зерно поступает самотеком насколько позволяет угол естественного откоса на ленточный конвейер 4 и выводится за пределы хранилища. На втором этапе, когда зерно самотеком перестает поступать на конвейер 4, включают вентилятор 5, который подает воздух по каналам 6 в массу зерна, вызывая его псевдоожижение и перемещение к конвейеру 4.

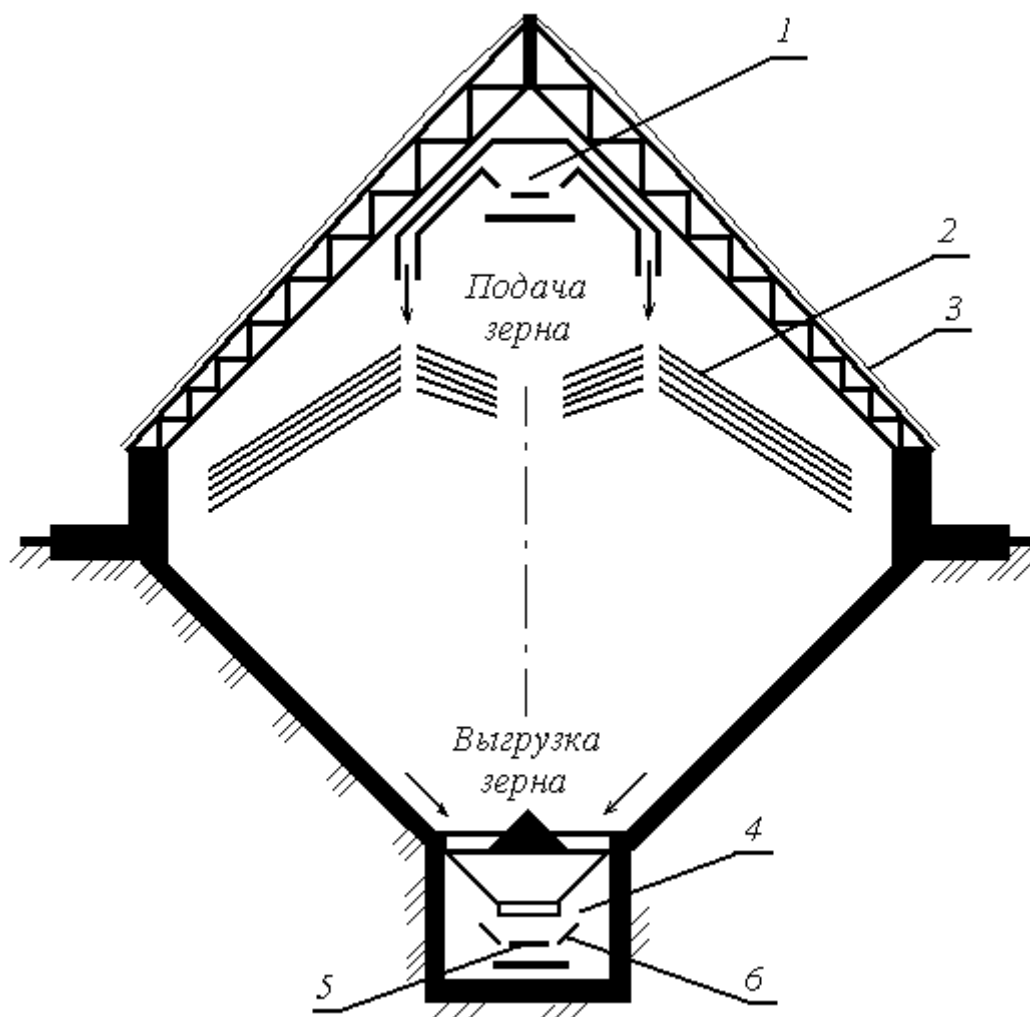


Рисунок 2.2 – Хранилище с наклонными полами:

- 1 – загрузочный ленточный конвейер с передвижной тележкой;
2 – поверхность насыпи; 3 – крыша; 4 – канал; 5 – выгрузной ленточный конвейер; 6 – заслонки для выпуска зерна

С целью упрощения и удешевления выгрузки в зерноскладах–хранилищах применяют наклонные полы (рисунок 2.2). Загрузка хранилища осуществляется обычным способом – с помощью верхнего конвейера 1. Выгрузка осуществляется нижним конвейером 5, зерно на который поступает через заслонки 6. Канал 4 дополнительно может использоваться и для прокладки вентиляционных воздуховодов. Достоинством хранилищ с наклонными полами является удобство выгрузки зерна, а в качестве недостатка можно отметить необходимость заглубления хранилища и связанные с этим затраты на дополнительное оборудование по подъему зерна.

Хранилище предназначено для районов с обычными геологическими условиями. В хранилище должно подаваться зерно, прошедшее послеуборочную обработку, очищенное от примесей и высушенное до кондиционной влажности. Загрузка зерна в хранилище осуществляется с помощью зернового метателя ЗМ–30 из–под навесов. Секция напольного хранения зерна оборудована системой активного вентилирования, позволяющей сохранить зерно, не допуская его самосогревания.

Для механизации загрузки, разгрузки, перемещения и подработки зерна в зерноскладах применяют следующие стационарные и передвижные механизмы:

- ленточные норрии (называемые также элеваторами или самотасками) для вертикального подъема зерна;
- ленточные стационарные конвейеры для перемещения зерна в горизонтальном направлении или под углом;
- передвижные конвейеры для погрузочно–разгрузочных операций, применяемые преимущественно при напольном хранении зерна;
- самоподаватели для загрузки конвейеров при напольной насыпи зерна;
- винтовые конвейеры, или шнеки для транспортирования зерна на близкие расстояния;
- самотечные зернопроводы для перемещения зерна сверху вниз под действием силы тяжести;
- зерноочистительные машины и сепараторы, предназначенные для очистки зерна от органических и неорганических посторонних примесей.

2.2 Закромные и напольные зерносклады из местных материалов

Закромные зерносклады наиболее удобны для раздельного хранения относительно небольших партий зерна различного качества и назначения. Эти хранилища в первую очередь пригодны для сортового и семенного зерна, которое должно храниться невысоким слоем по сортам и категориям в условиях, исключающих возможность смешивания рядом лежащего зерна.

Напольные зерновые склады в сельскохозяйственных предприятиях и хлебоприемных пунктах используются главным образом для хранения больших партий товарного зерна.

Закромные и напольные зерносклады строят преимущественно в виде прямоугольных в плане зданий.

Для образования закров зерносклад внутри разгораживают перегородками из чистых досок на отделения, которые и являются простейшими закромами. Все закрома устраивают одинаковой вместимости, так как это позволяет унифицировать размеры элементов и деталей для их изготовления. В случае необходимости вместимость каждого закрома может быть уменьшена или увеличена путем установки дополнительных перегородок или снятием их.

Вместимость отдельных закров для хранения семенного зерна принимают не более 25 т при предельно допустимой высоте загрузки зерна в них 3 м. Вместимость закров для хранения продовольственного и фуражного зерна не ограничивается.

Закрома располагают группами в 2...4 ряда с образованием между ними продольных проходов, предназначенных для загрузки и разгрузки зерна, а также поперечных проходов с непосредственными выходами наружу. Ширину продольных проходов принимают в зависимости от габаритов механизмов, предназначенных для перемещения и обработки зерна, но не менее 2 м. Ширина поперечных проходов – 1,5 м и расстояния между ними не более 18 м.

В зерноскладах для продовольственного и фуражного зерна крайние продольные ряды закров размещают у наружных стен, которые могут служить и стенами закров. В хранилищах для семенного зерна закрома располагают на расстоянии от наружных стен, равном не менее 0,5 м, чтобы предохранить семенное зерно от увлажнения конденсатом.

Для хранения определенного количества семенного затаренного зерна в зерноскладах предусматривают площадки, на которых зерно хранят в мешках штабелями высотой по 6...8 рядов; ширина проходов между штабелями: основных (разгрузочных) продольных 2 м, поперечных 1,5 м и вспомогательных (для осмотра) 0,7 м.

В необходимых случаях в зависимости от местных условий, режима и срока хранения зерна, климатических условий района строительства и применяемых средств механизации к зерноскладам для семенного зерна пристраивают навесы для воздушной сушки и проветривания зерна или открытые площадки для воздушно-солнечной сушки и теплового обогрева семян. Предусматривают также изолированное помещение для хранения тары и инвентаря.

В напольных зерноскладах зерно засыпают на пол. Высота насыпи зависит от состояния зерна и обычно не превышает у стен 2,5 м, а посередине зерносклада 5 м. Разработаны типовые проекты зерноскладов из местных материалов с увеличенной высотой насыпи – у стен 4,5 м, а посередине 7 м. Расстояние от верха насыпи зерна до низа несущих конструкций покрытия принимают равным 500 мм, угол наклона насыпи зерна – 25° , а угол наклона крыши – $26^{\circ}30'$.

Если требуется раздельное хранение небольших партий зерна разных культур и видов, площадь зерносклада перегораживают передвижными щитами высотой 2,5 м на закрома – отсеки любой вместимости.

Закромные и напольные зерносклады рассчитываются на эксплуатацию их с применением передвижных машин (передвижных транспортеров, самоподавателей и т. п.) или средств стационарной механизации. В первом случае принимают и отпускают зерно через распашные ворота, которые устраивают по продольным сторонам зерносклада через каждые 18 м. В зерноскладах, где загружают и выгружают зерно при помощи стационарных механизмов, предусматривают двое ворот в разных концах зерносклада.

Все ограждения зерносклада – стены, покрытия, а также и полы – должны быть выполнены очень тщательно, чтобы в здание не проникали атмосферные осадки, почвенная и поверхностная влага.

Стены зерноскладов предпочтительно делать каменными массивными, так как в таких зданиях легче предохранить зерно от заражения вредителями.

Наружные каменные стены напольных и закроменных зерновых складов, если они одновременно служат стенами закромов и воспри-

нимают горизонтальное давление зерна, делают ступенчатой конструкции с увеличением толщины к низу. При этом предусматривается надежная связь между конструкциями крыши (мауэрлат, стропильные ноги) и стенами в результате установки металлических анкеров и хомутов.

Кирпичные стены ступенчатой конструкции с контрфорсами делают на растворе марки 10 в верхней части толщиной в 1 кирпич (250 мм), в средней части – в полтора кирпича (380 мм), в нижней, где горизонтальное давление зерна больше, в 2 кирпича (520 мм). С внутренней стороны швы кирпичных стен расшивают, а затем стены белят известью. Контрфорсы выкладывают одновременно со стенами из того же материала, что и стены. Стены зерноскладов могут быть выполнены также из других каменных материалов – шлакобетонных и бетонных камней марки М 50, ракушечника марки 25, бутового камня марки 200. Стены из шлакобетонных камней и ракушечника оштукатуривают с двух сторон известковым раствором и белят известью.

Для предохранения каменных стен зерноскладов от капиллярного поднятия влаги гидроизоляцию устраивают из цементного раствора состава 1:2, толщиной 20 мм.

Стены закровов делают каркасной сборно–разборной конструкции из досок толщиной 40...50 мм. Соединяют их треугольным шпунтом и забирают в пазы стоек или в пазы, образованные брусками 50×50 мм, прибитыми к стойкам. Чтобы зерно не протекало из одного кровца в другой, доски необходимо плотно пригонять.

Для большей герметичности кровца целесообразнее крепить доски стенок к стойкам прижимными рейками и болтами.

Внутренний каркас зерноскладов состоит из двух рядов стоек, связанных в продольном направлении подстропильными прогонами или схватками из двух пластин, врубаемых в стойки с двух сторон. Стойки связаны с наклонными стропилами горизонтальными ригелями. Такие связи обеспечивают жесткость деревянного каркаса и устойчивость стоек, которые используют для крепления к ним стенок кровцов и помимо вертикальных нагрузок воспринимают также горизонтальное давление зерна.

В зерноскладах для напольного хранения зерна расстояния между стойками внутреннего каркаса в продольном направлении принимают равными 6,2 м, что позволяет использовать для прогонов стандартный лес длиной 6,5 м. В поперечном направлении зерносклад делится на три пролета: два крайних по 4,5 м и средний 11 м. При таком

размещении пролетов в зерноскладе обеспечивается возможность маневренности для передвижных средств механизации и устройства рациональной системы стропил.

Несущей конструкцией холодного покрытия над средним пролетом зерносклада являются деревянные треугольные фермы с двумя стальными подвесками (стойками). По длине здания фермы размещают только над внутренними стойками, т. е. через 6,2 м. В узлах ферм укладывают продольные прогоны, которые вместе с обвязками наружных стен служат опорами для стропил. Коньковые прогоны выполняют как многопролетные неразрезные балки, составленные из пластин, со стыками вразбежку в местах нулевых изгибающих моментов. Такая конструкция прогонов позволяет делать их наиболее экономичными с минимальным расходом леса. Сопряжение отдельных элементов деревянного каркаса между собой осуществляется при помощи врубок, болтов и скоб.

Все деревянные конструкции зерноскладов изготавливают на месте строительства или собирают из стандартных деталей, поставляемых заводами. Стойки, стропила, опалубка и другие деревянные части зерноскладов должны быть чисто оструганы и в целях дезинсекции пробелены известью; известковая побелка к тому же заполняет мелкие щели в дереве, в которых могут расселяться вредители зерна.

Полы в зерноскладах должны иметь низкую теплопроводность, исключаящую возможность образования на их поверхности конденсата, и должны быть защищены от проникания через них в зерновую массу грунтовой капиллярной влаги. Кроме того, полы в зерноскладах должны допускать возможность передвижения по ним применяемых передвижных механизмов, служащих для перемещения и обработки зерна, и удобства подбора зерна с их поверхности. Наиболее полно этим требованиям отвечают асфальтобетонные полы без применения дегтей и дегтевых мастик.

При глубоком уровне стояния грунтовых вод и достаточно плотных грунтах можно устраивать наклонный пол либо по всей площади зерносклада, либо только в его средней части. Тогда обеспечивается полный или частичный самотек зерна в тоннель на конвейер, которым зерно выгружается из зерносклада.

Если зерно хранят в таре, под штабелями укладывают сплошные дощатые щиты. Полы в навесах для воздушной сушки и проветривания зерна, а также на открытых площадках для воздушно-солнечной

сушки и теплового обогрева семян устраивают асфальтовые или грунтобетонные.

Кровли из асбестоцементных волнистых листов среднего и обыкновенного профиля делают по сплошному дощатому настилу с прокладкой слоя рулонного кровельного материала, уложенного насухо с проклейкой стыков мастикой во избежании задувания снега и пыли.

Для защиты стен зерносклада от увлажнения атмосферными осадками кровли должны иметь свесы не менее 700 мм. Под свесом крыши независимо от материала кровли устраивают плотно примыкающий к ней и к стенам карниз для защиты хранилища от птиц.

Зерносклады рекомендуется проектировать без окон. Естественное освещение во время работы в складах обеспечивается через открытые ворота. В случае необходимости устройства в зерноскладах оконных проемов их заполняют пустотелыми стеклоблоками или армированным стеклом. При обычном остеклении оконные проемы изнутри защищают мелкоячеистой проволочной сеткой или делают ставни, чтобы битое стекло не попало в зерно. Окна размещают во фронтонах и частично в верхней части продольных стен, свободной от зерновой насыпи.

В зерноскладах с наклонными полами с полной выгрузкой зерна самотеком, а также в зерноскладах, оборудованных аэрожелобами, предусматривают двое ворот, располагаемых в концах здания. Для сквозного проветривания в зерноскладах, предназначенных для хранения семян, устраивают двойные ворота. Наружные ворота, открывающиеся наружу, сплошные с одинарной обшивкой, а внутренние, открывающиеся внутрь или наружу хранилища, – сетчатые из металлической сетки с ячейками не более 12×2 мм. При проветривании наружные ворота оставляют открытыми, а сетчатые закрывают. Вместо внутренних ворот иногда устраивают деревянные съемные щиты, обшитые металлической сеткой. В зерноскладах, оборудованных системой вентиляции зерна, внутренние ворота или сетчатые щиты не обязательны. В зависимости от габаритов механизмов, предназначенных для перемещения и внутрискладской обработки зерна, размеры ворот принимают: шириной 1,5; 2; 2,5 и 3 м и высотой 2, 4 и 3 м.

Ленточные стационарные конвейеры для загрузки и выгрузки зерна из зерносклада устанавливают на верхней проходной конвейерной галерее и в проходном тоннеле.

В механизированных складах верхнюю проходную галерею в виде дощатого настила по деревянным балкам подвешивают к несущим конструкциям покрытия или устраивают по нижним поясам ферм. Она должна иметь не менее двух выходов (в начале и в конце галереи) и ограждение перилами высотой не менее 1 м. Проходной конвейерный тоннель делают с кирпичными стенами и бетонным полом. Получили распространение тоннели прямоугольного очертания из сборных железобетонных плит, а также круглого очертания из железобетонных колец. Тоннели обеспечивают аспирацией. Они должны иметь не менее двух выходов. При длине тоннеля 120 м предусматривают промежуточные выходы не реже чем через 100 м в виде каналов высотой 1,5 м и шириной 0,7 м, заканчивающихся вне здания зерносклада колодцем с люком, оборудованным металлической лестницей или скобами для выхода.

Ширина прохода галерей и тоннелей должна быть 0,7 м. Высоту проходных галерей и тоннеля от уровня пола до низа выступающих конструкций покрытия принимают не менее 1,9 м. Получили признание также непроходные тоннели, рассчитанные только на установку конвейера. Управление задвижками выпускных отверстий в этом случае выносят на верхнюю галерею.

Установки для активной вентиляции зерна в складах. Для понижения температуры и влажности зерна, хранимого в складах, применяют активную вентиляцию. Установка для активного вентилирования зерна в напольных складах состоит из передвижного центробежного вентилятора, магистральных воздуховодов, расположенных в полу склада, и воздухораспределительных решеток.

Центробежный шестилопастной вентилятор устанавливают за пределами склада вместе с электродвигателем на двухколесной тележке и через приемную трубу и переходные патрубки соединяют с магистральным каналом. Стенки магистральных каналов из красного кирпича толщиной 120 мм у поверхности пола окаймлены досками сечением 40×160 мм.

Для сохранения одинакового напора воздуха в различных частях каналов их глубину уменьшают с 500 до 50 мм по мере удаления канала от вентиляционного агрегата. Магистральные каналы перекрывают деревянными щитами и воздухораспределительными решетками, сделанными таким образом, что исключается попадание зерна в каналы. Каждая воздухораспределительная решетка состоит из пяти

полуканалов, сделанных из досок размером 30×150 мм, в нижней части которых прибиты рейки с узкими прорезями для выхода воздуха.

Нагнетаемый вентилятором наружный воздух проходит магистральный канал, поступает под распределительные деревянные решетки и далее, через узкие прорези в рейках решеток, вводится в слой зерна, расположенный над решетками, охлаждая и подсушивая его. По мере надобности вентиляционный агрегат, установленный на тележке, перемещают к следующему магистральному каналу.

Контрольные вопросы: Как классифицируют зерновые склады? Для чего зерносклады связывают верхними и нижними конвейерами? Какие технологические приемы используют в современных зерноскладах? Какие требования предъявляют к зерноскладам? На какие типы, в зависимости от способов хранения зерна, подразделяются зерносклады, сооружаемые в сельскохозяйственных предприятиях и хлебоприемных пунктах? Для чего служат транспортные системы зерноскладов? Как осуществляется загрузка хранилища? Как осуществляется выгрузка хранилища? Для каких целей применяются вентиляционные установки? Какое оборудование применяется для механизации загрузки, разгрузки, перемещения и обработки зерна в зерноскладах? Каковы особенности закрожного и напольного хранения зерна? Какова максимальная высота насыпи зерна при напольном хранении? Где устанавливают ленточные стационарные конвейеры для загрузки и выгрузки зерна из зерносклада? Каковы особенности в конструкции наружных стен зерноскладов? Какие материалы применяют при строительстве зерноскладов?

3 УСТРОЙСТВО И ОБОРУДОВАНИЕ ЭЛЕВАТОРОВ ДЛЯ ХРАНЕНИЯ ЗЕРНА И ЗЕРНОПРОДУКТОВ

Сооружение для механизированного хранения зерна и выполнения с ним необходимых операций называется *элеватором*.

Элеваторы, в отличие от зерноскладов, занимая значительно меньшие площади, имеют вертикальные емкости для зерна в виде силосных корпусов, похожих в плане на пчелиные соты. Элеваторы оснащены полным комплексом оборудования и других объектов, необходимых для выполнения приемки, обработки (очистки, сушки, обеззараживания), учета, хранения и отпуска (отгрузки) зерна различных культур. В этих зернохранилищах благодаря максимальному использованию свойства сыпучести зерна осуществляются все необходимые операции полностью механизированным способом. Современные элеваторы имеют высокий уровень автоматизации, для работы на них требуется минимальная численность производственного персонала.

Широкое применение находят железобетонные элеваторы, однако им присущи недостатки. Так, элеваторы из монолитного железобетона требуют сезонного характера возведения (заливки) стен и других элементов в опалубке, что существенно удлиняет сроки строительства и повышает сезонную трудоемкость, а в сборных элеваторах до конца не была решена проблема герметичности силосов. По этой причине при особо жестких требованиях к качеству выполняемых работ значительно возрастают капитальные вложения на строительство элеваторов. Правда, современные технологии ремонта элеваторов из сборного и монолитного железобетона позволяют восстанавливать их эксплуатационную надежность и обеспечивать долговечность, для ремонта элеватора используют особо стойкие специальные герметизирующие пластики (эпоксидные, акриловые, тиоколовые, полнуретановые), в том числе с восстановлением разрушенных железобетонных элементов, стен, днищ, карнизов, а также с нанесением антиадгезионных покрытий на внутренние поверхности силосов и бункеров.

Зерновые металлические силосные комплексы (ЗМСК). Поиск путей создания зерновых емкостей, обладающих достоинствами классических элеваторов, но не обремененных недостатками их конструкций, привел к созданию металлических силосов, в том числе силосов большого диаметра, получивших в последние десятилетия широкое одобрение и массовое внедрение. Ими быстро заменили боль-

шую часть имевшихся зерновых складов с горизонтальными полами, что попутно решило проблему полной механизации и автоматизации работ с зерном, в первую очередь за счет силосов с конусными днищами. При этом если в качестве основных емкостей в таких зернохранилищах используются саморазгружающиеся отдельно стоящие металлические силосы (группы силосов), то они по функциям практически не отличаются от элеваторов с обычными силосными корпусами. Однако диаметр таких силосов по конструктивным и экономическим показателям, как правило, не превышает 9 м, в основном до 6-7 м, поэтому вместимость одного такого силоса составляет не больше 1000 т зерна.

При необходимости сооружения зернохранилищ большей вместимости более экономичными (по удельным затратам) являются силосы с плоскими днищами. Их диаметр может достигать 20 м и более, а вместимость – 1,5; 3,0; 4,0; 5,0; 7,0 тыс. т и более. В таких силосах под днищем устанавливают обычно цепной конвейер, на который выпускают через центральную воронку основную часть зерна. Остаток зерна подают в эту же воронку так называемым обегавшим шнеком, а зачистку днища (до 5 см слоя зерна) осуществляют пневморазгрузчиками или вручную. Силосы с плоским днищем по уровню разгрузки недалеко ушли от механизированных зерноскладов и по этому важному показателю уступают элеваторам.

Элеваторы большой вместимости предназначены главным образом для хранения сухого товарного зерна с установленной влажностью не более 14...15%. Зерно в элеваторах хранят в силосах, расположенных друг возле друга. Все трудоемкие процессы в элеваторах – прием зерна, его взвешивание, загрузка и выгрузка, внутреннее транспортирование, очистка, сортировка и т. п. – полностью механизированы и автоматизированы.

Современный элеватор включает комплекс сооружений, связанных общими производственными процессами, из которых основные – приемка, взвешивание, хранение, отпуск зерна, а специальные – очистка, сушка и сортировка зерна.

Здания и сооружения элеватора по функциональным признакам можно разделить на: *производственные*, предназначенные для приемки, хранения, подработки и отпуска зерна и зерновой продукции; *вспомогательные*, обслуживающие производство, и *непроизводственные*.

К основным производственным зданиям и сооружениям элеваторов относятся: рабочее здание (башня); силосные корпуса с конвейерными галереями; приемные и отпускные устройства; сооружения для сушки зерна.

В рабочем здании элеватора размещают машины и механизмы для подъема зерна (нории), взвешивания, очистки, а также механизмы для перемещения и распределения зерна. Рабочее здание является основным в комплексе элеватора, вокруг которого группируются и с которым связывают все остальные производственные его сооружения.

Силосный корпус – это собственно зернохранилище, которое состоит из разного числа силосов.

Приемные и отпускные устройства – это сооружения для разгрузки зерна с железнодорожного, автомобильного и водного транспорта и погрузки зерна на средства этих видов транспорта.

В состав элеватора могут входить и другие дополнительные производственные здания и сооружения, такие, как специальные здания и сооружения для очистки и сортировки зерна, камера для сбора пыли, цех отходов, склады для напольного хранения зерна и др.

К вспомогательным, обслуживающим производство зданиям и сооружениям элеватора, относятся: силовая станция, склады топлива, ремонтные мастерские, пожарное депо, лаборатория и т. п.

К непроизводственным зданиям и сооружениям – столовая, бытовые устройства, административный корпус и пр.

Элеватор обладает большей компактностью по сравнению со складами. На 1 т зерна в складах приходится $2,5 \dots 3,0 \text{ м}^3$, а в элеваторах – $1,5 \dots 1,7 \text{ м}^3$.

Технологическая схема движения зерна на элеваторе обеспечивает связь всех входящих в его состав силосов, бункеров, оборудования и устройств между собой. Ее строят по принципу последовательной обработки зерна в потоке от момента его приемки и до загрузки на хранение.

Производительность технологических машин должна быть равна производительности транспортного оборудования. В противном случае элеватор оборудуется оперативными бункерами.

Рабочее здание элеватора служит производственным центром, с которым связаны все остальные его цеха и устройства. Пол первого этажа заглубляется на $0,8 \dots 2,5 \text{ м}$, это связано с разгрузкой автомо-

бильного и железнодорожного транспорта, а также с размещением башмаков приемных норий.

В рабочем здании выполняют следующие основные производственные операции с зерном:

- 1) приемку с автомобильного, железнодорожного или водного транспорта;
- 2) обработку (очистку, сушку);
- 3) перемещение для определения качества или подготовку помольных партий;
- 4) распределение в силосы или склады, связанные с элеватором;
- 5) отпуск зерна на транспортные средства.

Зерно в рабочем здании элеватора перемещается по одноступенчатой и многоступенчатой схемам. При одноступенчатой схеме весы в рабочем здании расположены выше надсилосного конвейера. В связи с этим зерно, поднятое норией, после взвешивания может быть направлено без вторичного подъема в силосный корпус на очистку, сушку и т. д. Данная схема отличается простотой, но связана с увеличением высоты рабочего здания (60 м).

Многоступенчатая схема позволяет снизить высоту рабочего здания. Для этого в рабочем здании весы размещают ниже подсилосного конвейера и зерно для загрузки в силосы, сепараторы и сушилки после взвешивания приходится вторично поднимать норией. Недостаток многоступенчатой схемы в том, что она увеличивает число норий, размеры общего здания и усложняет общую коммуникацию.

Объемно-планировочные решения рабочих зданий определяют технологическим процессом обработки зерна на элеваторе (приемка, очистка, сушка, взвешивание, хранение и отгрузка).

Современные рабочие здания элеваторов строят железобетонными монолитными (выполненными в скользящей опалубке), железобетонными сборными и металлическими.

Сборные рабочие здания, как и монолитные, подразделяют на отдельно стоящие и блокированные с силосными корпусами.

Каркас отдельно стоящего рабочего здания выполняют в виде рамной системы в поперечном направлении и связевой – в продольном. Такое решение создает благоприятные условия изготовления и монтажа элементов каркаса. Каркас состоит из вертикальных связей и перекрытий, стены монтируют из железобетонных панелей.

Каркасную схему, как правило, применяют в элеваторах большой вместимости (100...150 тыс. т).

Рабочее здание размером 27×15 м принято с учетом размещения необходимого оборудования и емкостей. Общая высота здания с надстройкой над центральной частью 49 м.

Размещение основного технологического оборудования по этажам рабочего здания выполнено по следующей схеме:

на 1–м этаже (подсилосном) площадью 15×27 м и высотой 6 м расположены башмаки шести норий, приводные станции подсилосных транспортеров приема с железной дороги и отпуска отходов на автотранспорт;

на 2–м этаже площадью 15×9 м и высотой 4,8 м – весы;

на 3–м и 4–м этажах площадью 15×9 м и высотой 4,8 м каждый – зерноочистительные машины–сепараторы;

на 5–м этаже площадью 15×9 м и высотой 6 м – сепараторы;

на 6–м этаже (надсилосном) площадью 12×27 м и высотой 7,2 м – поворотные трубы распределительных устройств и натяжные станции надсилосных конвейеров;

на 7–м этаже площадью 12×12 м и высотой 4,8 м – головки шести норий.

Так как весы размещаются на втором этаже, то необходим повторный подъем зерна нориями при подаче его на взвешивание и увеличение числа норий.

По технологическим требованиям сетка колонн в центральной части принята 3×9 м, в боковых частях 3×3 м, в верхней надстройке 3×6 и 3×12 м.

Силос – сооружение, предназначенное для хранения сыпучего материала, состоящее из верхней части постоянного поперечного сечения и нижней разгрузочной секции в виде воронки. Отношение высоты и диаметра в силосе $H > 5D$. Более мелкий силос с отношением $H < 2D$ называется бункером.

Верхняя часть силоса может быть круглой, квадратной, прямоугольной или многоугольной (рисунок 3.1). Используются силосы в блоке – батареи нескольких силосов большой высоты, сгруппированных на небольшой площади.

Стандартный силосный корпус может быть разделен по высоте на три резко отличающиеся друг от друга части:

нижняя – подсилосное помещение или подвал, в котором располагают нижние конвейеры, предназначенные для разгрузки силосов;

средняя – собственно силосы, где хранят зерно;

верхняя – надсилосное помещение, или галерея, где размещают верхние конвейеры, предназначенные для заполнения силосов.

Загрузка силоса 2 осуществляется сверху конвейером 1, а выгрузка материала – из выпускной воронки 4 с помощью выгрузного устройства 5 и побудителя потока 6.

В отдельном силосе вертикальное давление материала воспринимается выпускной воронкой. Горизонтальное давление воспринимается стенами и стремится растянуть их. Эти усилия должны удерживаться арматурой стен.

Диаметры круглых силосов, сблокированных в силосные корпуса, при проектировании элеваторов принимают 3, 6, 9 и 12 м, а отдельно стоящих 12, 18 и 24 м.

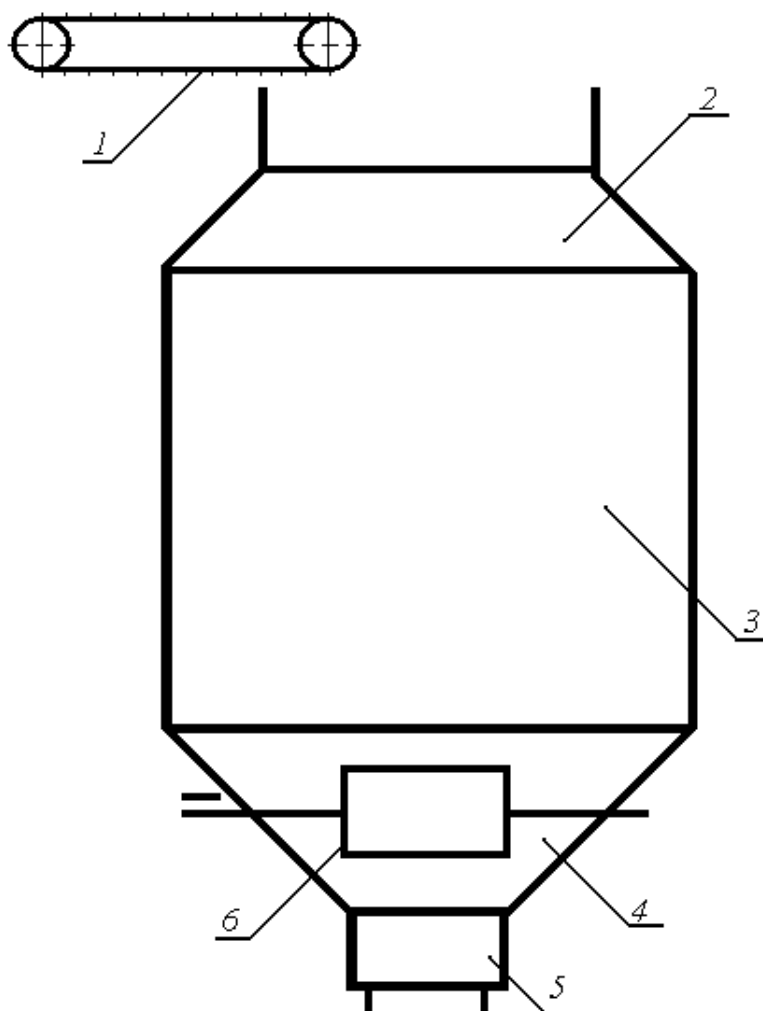


Рисунок 3.1 – Устройство силоса:

1 – загрузочный конвейер; 2 – емкость силоса; 3 – верхняя часть силоса; 4 – выпускная воронка; 5 – выгрузное устройство; 6 – побудитель потока

Число рядов круглых силосов, т.е. число круглых силосов в поперечном сечении корпуса, определяется числом загрузочных и выгрузных конвейеров, схемой элеватора, удобством расположения силосов на участке может быть от двух до шести и более.

Чем больше силосов в поперечном сечении корпуса обслуживается одной лентой конвейеров в подсилосном и надсилосном помещениях, тем выше помещение над силосами и подвала под силосами, поэтому силосные корпуса относительно небольшой вместимости, обслуживаемые одним верхним и одним нижним конвейером, могут иметь простое двухрядное расположение силосов.

Для силосных корпусов с квадратными силосами сетку разбивочных осей принимают 3×3 м. По строительным соображениям и в зависимости от других условий (схемы элеватора, числа конвейеров и пр.) квадратные силосы располагают в поперечном сечении корпуса в 5, 6, 8 и более рядов.

Высота силосных корпусов, обуславливаемая технологическим процессом, высотой башни элеватора и несущей способностью грунта, в современных элеваторах достигает 30 м.

Размеры железобетонных силосных корпусов в плане всецело зависят от заданной вместимости. Чтобы не появились трещины от перепадов температур, длина силосного корпуса не должна превышать 48 м. Ширина корпуса в общем редко достигает 42 м, так как при большей ширине нельзя обеспечить естественное освещение подсилосного помещения.

Силосные корпуса, как правило, располагают с разрывом от рабочего здания в 3...12 м на отдельных фундаментах, причем связываются они верхними и нижними галереями, в которых проходят надсилосные и подсилосные транспортеры.

Внутренняя высота подсилосного помещения устанавливается в зависимости от расположения транспортеров и конструкции днищ силосов с тем, чтобы обеспечить выпуск зерна из силосов самотеком на транспортеры.

Надсилосную галерею устраивают по всей длине силосного корпуса. Ширина ее должна быть равна расстоянию между центрами силосов крайних рядов плюс диаметр загрузочного люка в силосе. Высота надсилосной галереи определяется габаритом сбрасывающей тележки транспорта, расположенной на станине, при этом высота помещения от низа балок покрытия до уровня ленты транспортера должна быть не меньше 2 м.

Конструкция надсилосной галереи состоит из одно-, двух- или трехпролетных железобетонных рам, тонких железобетонных вертикальных стенок и железобетонных плит покрытия. Рамы располагают в местах сопряжения стенок силосов и, кроме того, по одной или две в пролете при больших диаметрах силосов.

Полы в галерее делают цементно-песчаными или асфальтобетонными толщиной не менее 40 мм по перекрытию над силосами – плоской железобетонной плите, которая опирается на стенки силосов. Крышей над боковыми частями силосов вне галереи служит также плоская плита.

Наиболее рациональны в статическом отношении и удобны в эксплуатации силосы круглого сечения.

Корпус состоит из 36 круглых силосов, расположенных в 6 рядов по шесть силосов в каждом, и 25 звездочек между ними. Высота силосов 29,7 м. Все части силосного корпуса – силосы, надсилосная галерея и подсилосный этаж, за исключением монолитной фундаментной плиты и стальных воронок днищ, смонтированы из сборных железобетонных элементов.

Железобетонные кольца, из которых собирают силосы, имеют двутавровое сечение с толщиной стенок 60 мм, толщиной полок 100 мм и высотой 1340 мм. Стенки первого ряда колец наружных силосов утолщенные – 90 мм. Кольца армированы одиночной арматурой из холодноотянутой проволоки диаметром 4 мм. Специальной навивочной машиной по спирали на кольца наружных силосов дополнительно наматывается холодноотянутая высокопрочная проволока диаметром 3 мм с одновременным ее натяжением. Для защиты проволоки от коррозии на поверхность колец нанесен слой цементного раствора толщиной 15 мм.

Вертикальная связь между смежными кольцами осуществляется обработкой стыков бетоном на длину 600 мм с установкой вертикальной арматуры. Для горизонтальной связи кольца стянуты болтами, пропускаемыми через специальные отверстия в полках колец; кроме того, в горизонтальных швах в местах касания силосов уложена арматура.

К недостаткам конструкции силосного корпуса можно отнести низкий уровень использования грузоподъемности транспортных средств (33%), большой расход бетона и высокую сметную стоимость в расчете на 1000 т вместимости. Каждое кольцо, из которых смонтированы силосы, состоит из восьми железобетонных ребристых дуго-

образных панелей длиной 2240 мм, шириной 750 мм, толщиной стенок 60 мм и ребер 150 мм. Кольца стянуты арматурными стержнями, для укладки которых и для замоноличивания смежных панелей предусмотрены треугольные пазы соответственно вдоль длинных сторон панелей и в торцах.

При укрупненной сборке на строительной площадке арматуру натягивают и заделывают стыки между панелями. Кольца смежных силосов соединяют горизонтальными сетками, укладываемыми в местах стыков на растворе марки 200. Вертикальные швы в этих местах замоноличивают бетоном на длину 1800 мм с установкой вертикальной арматуры.

Арматуру натягивают специальной установкой, располагаемой внутри кольца. При помощи восьми гидравлических домкратов и нажимных устройств установка создает радиальное давление на панели кольца, в результате чего кольцевые арматурные стержни получают предварительное натяжение. Применяется также электротермический метод предварительного напряжения колец замоноличиванием стыков до натяжения арматуры. Натянутую арматуру для защиты от коррозии оштукатуривают. Достоинство этой конструкции заключается в том, что она состоит из удобно транспортируемых небольших деталей.

Стальные силосы. Металлические силосы более легкие, их несущая способность выше, чем у силосов из других материалов. Для хранения крупных однородных партий зерна в последнее время начали применять отдельно стоящие стальные силосы большой вместимости, соединенные между собой и с рабочими зданиями транспортными галереями и тоннелями.

Практика строительства за рубежом и в нашей стране показывают, что стальные силосы, по сравнению со сборными железобетонными, более удобны, экономичны, требуют для возведения меньших трудозатрат. Для изготовления лучших образцов стальных силосов расходуется такое же количество стали, как и для железобетонных, а расход бетона и железобетона снижается более чем в 5 раз.

Небольшая масса конструкций стальных силосов позволяет резко снизить транспортные расходы, сократить затраты на строительные машины, особенно при строительстве в удаленных районах, и открывает возможность возводить элеваторы на строительных участках с малой несущей способностью грунтов.

Изготовление конструкций стальных силосов возможно полностью в заводских условиях и доставлять их на строительную площадку укрупненными элементами, что позволяет вести быстрый монтаж и сокращение сроков их возведения.

Существует много различных приемов изготовления и монтажа стальных стен силосов. В зарубежном строительстве наибольшее распространение получил метод полистовой сборки.

В зависимости от вместимости и диаметра силосов толщину листов стенок силосов принимают в соответствии с расчетом 0,8...7,0 мм, соединяя их сваркой встык или болтами внахлестку. Для придания стенам силосов жесткости применяют гофрированный стальной лист. Основным недостатком конструкций с полистовой сборкой является большое количество монтажных соединений.

В России изготовление и монтаж листовых конструкций ведется методом рулонирования. Этот метод позволяет изготовить стенку в заводских условиях целиком в виде сварного полотнища, свернуть ее в габаритный рулон и доставить в таком виде на строительную площадку. Метод рулонирования значительно сокращает трудоемкость и сроки монтажных работ, уменьшает себестоимость и повышает качество сооружения.

Для фиксации кровельных щитов и верхней транспортной галереи в центре силоса устанавливают стойку, используемую также для закрепления развернутых участков стенки силосов в процессе разворачивания рулона.

Диаметры стандартных силосов 15,2 и 22,8 м, высота стенок 12 м. Силосы диаметром 22,8 м имеют гладкую стенку в виде цилиндрической оболочки, изготовленной из 8 ярусов высотой 1,5 м каждый. Верхние пять ярусов из листов толщиной 6 мм, шестой – толщиной 7 мм, седьмой и восьмой ярусы – 8 мм.

Центральная стойка изготовлена из трубы диаметром 426 мм. Коническая кровля с углом наклона $27,5^\circ$ собирается из щитов треугольного очертания, опирающихся на стенку и центральную стойку. К каркасу щитов из прокатных двутавров и уголков закреплена обшивка из листов толщиной 2,5 мм.

На монолитной плите днища перпендикулярно нижней галерее сделано 12 каналов сечением 400×665 мм, в которых устроены аэрожелоба для вентиляции и разгрузки остатков зерна.

Стенки силосов представляют собой каркасную панель, состоящую из вертикальных и горизонтальных элементов жесткости, вы-

полненных из рулонной оцинкованной стали толщиной 1 мм. В углах силосов для крепления обшивки образуются стойки крестообразного сечения.

Поперечная нагрузка от внутреннего бокового давления передается с обшивки на горизонтальные ребра, расставленные с шагом 0,8 м по высоте стенки. Для уменьшения расчетного пролета горизонтальных ребер и облегчения их в углах смежных граней в каждом ярусе, т. е. через 0,8 м, устанавливаются тяжи из круглой стали диаметром 16 мм.

Нижняя часть силоса обычно делается в виде воронки с углом $45...60^\circ$ с целью самоочищения сыпучей массы после выгрузки силоса. Это снижает конструктивные экономические показатели силоса, но увеличивает эффективность его эксплуатации. С целью повышения емкости силоса выпускных воронок может быть несколько. Форма выпускных воронок – в виде круглых отверстий или прямоугольных щелей в центре или по углам днища.

Сыпучесть для различных материалов может быть различной, изменяется она и в зависимости от влажности и качества сыпучей массы. Поэтому при малой сыпучести в силосе возможно сводообразование, задержка выгрузки, а также перекося давления, который может привести к его разрушению.

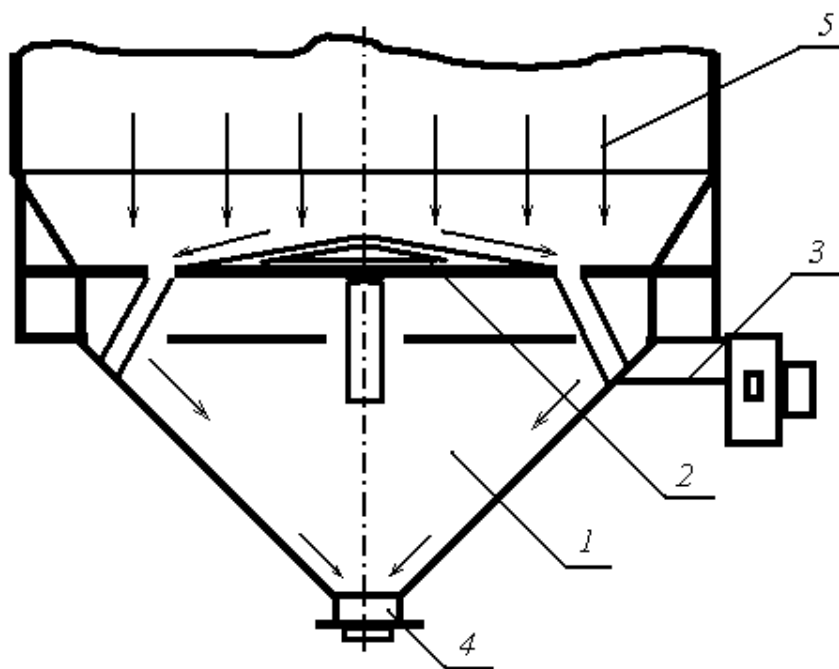


Рис. 3.2 – Вибрирующая выпускная воронка:

1 – воронка; 2 – конус; 3 – вибратор; 4 – выпускное отверстие;
5 – поток.

Сводообразование является результатом повышенного трения между частицами потока, в том числе и между зерном и стенками. Поэтому для уменьшения трения сыпучего материала о стенки силоса последние окрашивают специальной краской с низким коэффициентом трения.

Для побуждения потока применяют дополнительную вибрацию стенок силоса или воронки с помощью вибратора или подачи импульса воздуха в зону сводообразования.

Вибрирующая выпускная воронка содержит дополнительный конус с вибратором, устанавливаемым снаружи силоса (рисунок 3.2).

Вибратор может иметь частоту колебаний 1000...80000 Гц и амплитуду до 6 см. Конструктивно вибратор может быть выполнен в виде эксцентрикового или электромагнитного электропривода. Верхняя часть силоса при применении вибрирующей воронки из-за возможного разрушения конструкции должна отделяться от нее виброгащей прокладкой.

Одним из эффективных способов выпуска является псевдоожижение (рисунок 3.3), заключающееся в изменении состояния массы продукта путем подачи в него воздуха, что приводит к уменьшению коэффициента трения между частицами.

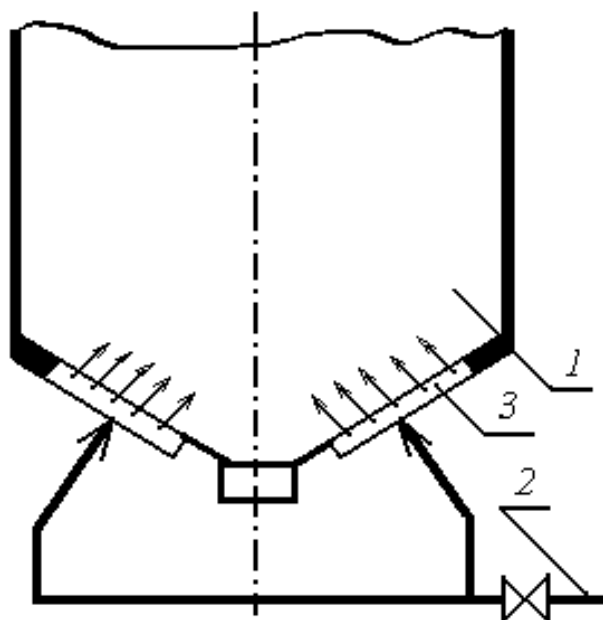


Рис. 3.3 – Система псевдоожижения материала в силосе:
1 – силос; 2 – воздуховод; 3 – воздушные сопла

Выгрузные устройства. Производительность при разгрузке силоса регулируется производительностью приемных конвейеров. Для обеспечения необходимой производительности используются выгрузные устройства.

В простейшем случае используют обычный клапан или задвижку (рисунок 3.4). Они могут иметь ручной или механический привод, например от электродвигателя, управляемого с пульта управления элеватора.

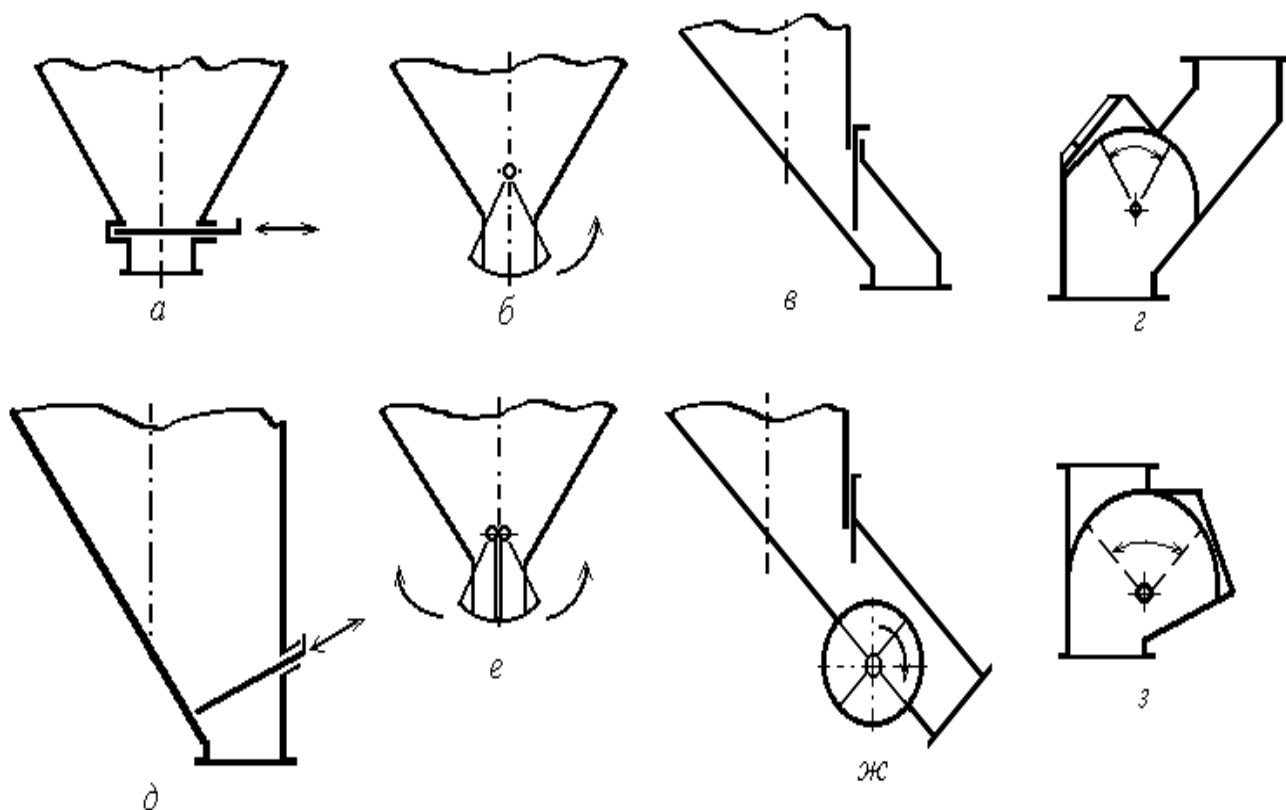


Рис. 3.4. Затворы выпускных отверстий:

а – горизонтальная задвижка; б – секторная заслонка; в – вертикальная заслонка; г, ж – вращающиеся заслонки; д – наклонная заслонка; е – сдвоенная секторная заслонка; з – вращающаяся лопастная заслонка

Для механической выгрузки зерна применяют шлюзовые, ленточные, скребковые, шнековые и вибрационные разгрузчики.

Основным элементом шлюзового разгрузителя является ротор с перегородками, вращающийся внутри корпуса (рисунок 3.5). Производительность шлюзового разгрузителя изменяется частота вращения ротора.

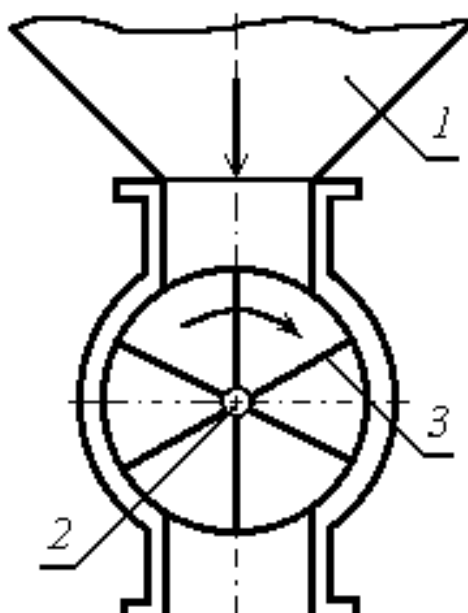


Рис. 3.5 – Шлюзовой разгрузитель:

- 1 – воронка; 2 – ротор;
3 – перегородки;
4 – выход разгрузителя

Скребковый и ленточный разгрузители устанавливаются под выпускным отверстием щелевой формы и используются для сыпучей продукции небольших и средних размеров. Скребковый разгрузчик обеспечивает высокую производительность выгрузки, но для его нормальной работы необходимо промежуточное днище, чтобы вся вышележащая масса продукта не давила на его рабочие органы. С помощью задвижек можно регулировать производительность выгрузки.

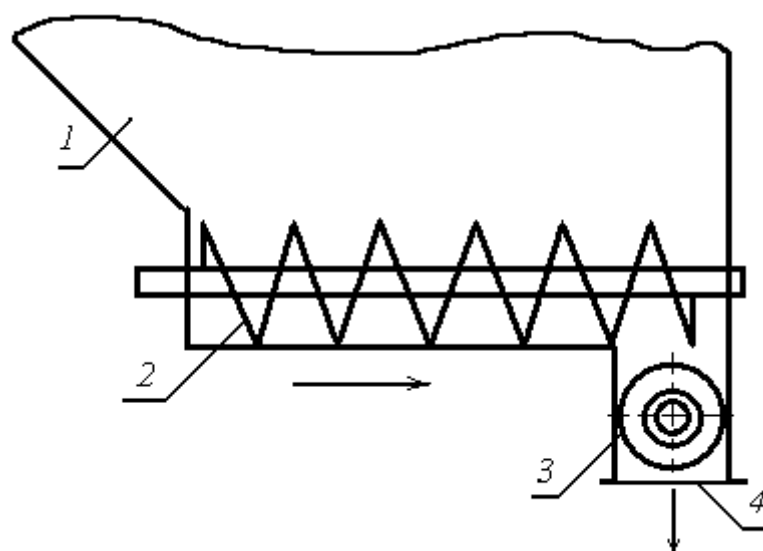


Рис. 3.6 – Винтовой разгрузитель:

- 1 – воронка; 2 – шнековый транспортер; 3 – поперечный шнековый транспортер; 4 – выходное отверстие

Винтовой разгрузчик показан на рисунке 3.6. Он представляет собой группу шнеков 2, установленных в днище воронки 1 и подающих продукт на поперечный шнековый транспортер 3, который в свою очередь подает продукт к выходному отверстию 4.

Винтовые конвейеры применяются для перемещения на короткие расстояния и дозирования продукта. Винт перемещает продукт по дну желоба, не придавая ему вращательного движения. Приводной механизм его проще, чем в ленточном или скребковом конвейерах.

В основном винтовые конвейеры используют как дозаторы для равномерной подачи продукта, для разгрузки трудносыпучих продуктов из силосов и автомобилей, где необходима работа с минимальной пыленностью.

Контрольные вопросы: Какое сооружение называется элеватором? Какие сооружения включает в себя современный элеватор? Какие здания и сооружения элеватора относятся к основным производственным? Какие здания и сооружения элеватора относятся к вспомогательным? Какие здания и сооружения элеватора относятся к непроизводственным? Какие основные производственные операции с зерном выполняют в рабочем здании элеватора? Что представляет собой силосный корпус? Из каких частей состоит силосный корпус? Для чего служит подсилосная часть силоса? Для чего служит надсилосная галерея? Какие методы изготовления и монтажа металлических силосов Вы знаете? Для чего применяют дополнительную вибрацию стенок силоса или воронки с помощью вибратора или подачи импульса воздуха в зону свода образования? Для чего применяются выгрузные устройства в силосах? Какой привод применяется у клапана или задвижки выгрузных устройств? Что является основным элементом шлюзового разгрузителя?

4 ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ АКТИВНОГО ВЕНТИЛИРОВАНИЯ ЗЕРНА

4.1 Виды активного вентилирования зерна

Активное вентилирование заключается в интенсивном принудительном продувании атмосферного воздуха через неподвижную насыпь зерна. Это один из важнейших технологических приемов послеуборочной обработки и хранения зерновых масс. Современные вентиляторы, поставляемые сельскому хозяйству, позволяют успешно проводить активное вентилирование зерновых насыпей высотой до 5-6 м в складах, на площадках и в бункерах.

Активное вентилирование основано на использовании скважности зерновой массы: многочисленные межзерновые пространства образуют в зерновой массе воздухопроводящую систему, делают ее проницаемой для воздуха или газов, которые могут перемещаться по всему ее объему в любом направлении. Поток воздуха оказывает воздействие на температуру и влажность зерна, изменяет газовый состав воздуха межзерновых пространств, то есть воздействует на те факторы, от которых в первую очередь зависит уровень жизнедеятельности всех живых компонентов зерновой массы, а значит и ее сохранность.

Главный технологический эффект активного вентилирования заключается в снижении интенсивности биологических процессов порчи зерна, что консервирует его на некоторый период. Таким образом, при помощи активного вентилирования повышается сохраняемость зерна, обеспечивается выигрыш во времени, особенно в уборочный период, и представляется возможным меньшим числом очистительной и сушильной техники и обслуживающего персонала провести качественную послеуборочную обработку урожая.

Активное вентилирование зерновых масс имеет широкий спектр использования. Его применяют для временной консервации свежесобранного зерна повышенной влажности, профилактической обработки зерна, находящегося на хранении, охлаждения, сушки, ликвидации самосогревания.

В зависимости от назначения различают несколько видов вентилирования зерновой массы.

Профилактическое вентилирование применяют для предотвращения возникновения очагов самосогревания, выравнивания темпе-

ратуры и влажности в зерновой насыпи, уменьшения энергии дыхания, угнетения развития и жизнедеятельности микроорганизмов, сохранения жизнеспособности семян.

Вентилирование с целью охлаждения зерна проводят для затормаживания всех физиологических и микробиологических процессов в насыпях. При этом температуру насыпи снижают до $0...10^{\circ}\text{C}$.

Вентилирование для ликвидации самосогревания зерна проводят путем быстрого охлаждения в любое время суток, независимо от погодных условий, при высоких удельных расходах воздуха ($100...200 \text{ м}^3/(\text{ч}\cdot\text{т})$ и более).

Вентилирование для сушки зерна и семян применяют в случае невозможности обработки их в зерносушилках. Этот вид вентиляции осуществляют в вентилируемых бункерах, складах, камерных сушилках для семян подсолнечника, клешевины, зерна бобовых культур, кукурузы. Для сушки зерна вентилярованием применяют теплый атмосферный воздух летом и ранней осенью ($t=15...25^{\circ}\text{C}$ и $W=55...65\%$).

Вентилирование семенного зерна теплым воздухом способствует ускорению послеуборочного дозревания, сохраняет жизнеспособность при длительном хранении, повышает энергию прорастания и всхожесть. Весеннее вентилярование яровых культур осуществляют теплым воздухом, заканчивая обработку за неделю до начала сева.

Вентилирование для газации проводят с целью удаления фумиганта.

4.2 Оборудование для активного вентилярования

Для вентилярования зерна в складах и в силосах элеваторов применяют различные конструкции установок. По существующей классификации установки подразделяют на следующие группы:

стационарные, устраиваемые в полах складов и представляющие часть конструкции пола;

напольно-переносные, укладываемые в любом складе до засыпки его зерном;

переносные трубные.

Оборудование для активного вентилярования должно отвечать следующим требованиям:

- невысокая энергоемкость (расход электроэнергии на единицу объема перемещаемого воздуха);
- обеспечение наибольшей равномерности распределения воздуха по обрабатываемой зерновой насыпи;
- универсальность установок;
- механизация и автоматизация процесса вентиляции;
- мобильность, простота, удобство и надежность конструкции в эксплуатации, высокая технологическая и экономическая эффективность.

Стационарные вентиляционные установки

Для вентиляции зерна в типовых складах с горизонтальными полами широко используют многие конструкции, основными из которых являются стационарные вентиляционные установки СВУ-1, модернизированные СВУ-1М, СВУ-2, СВУ-63 и аэрожелоба.

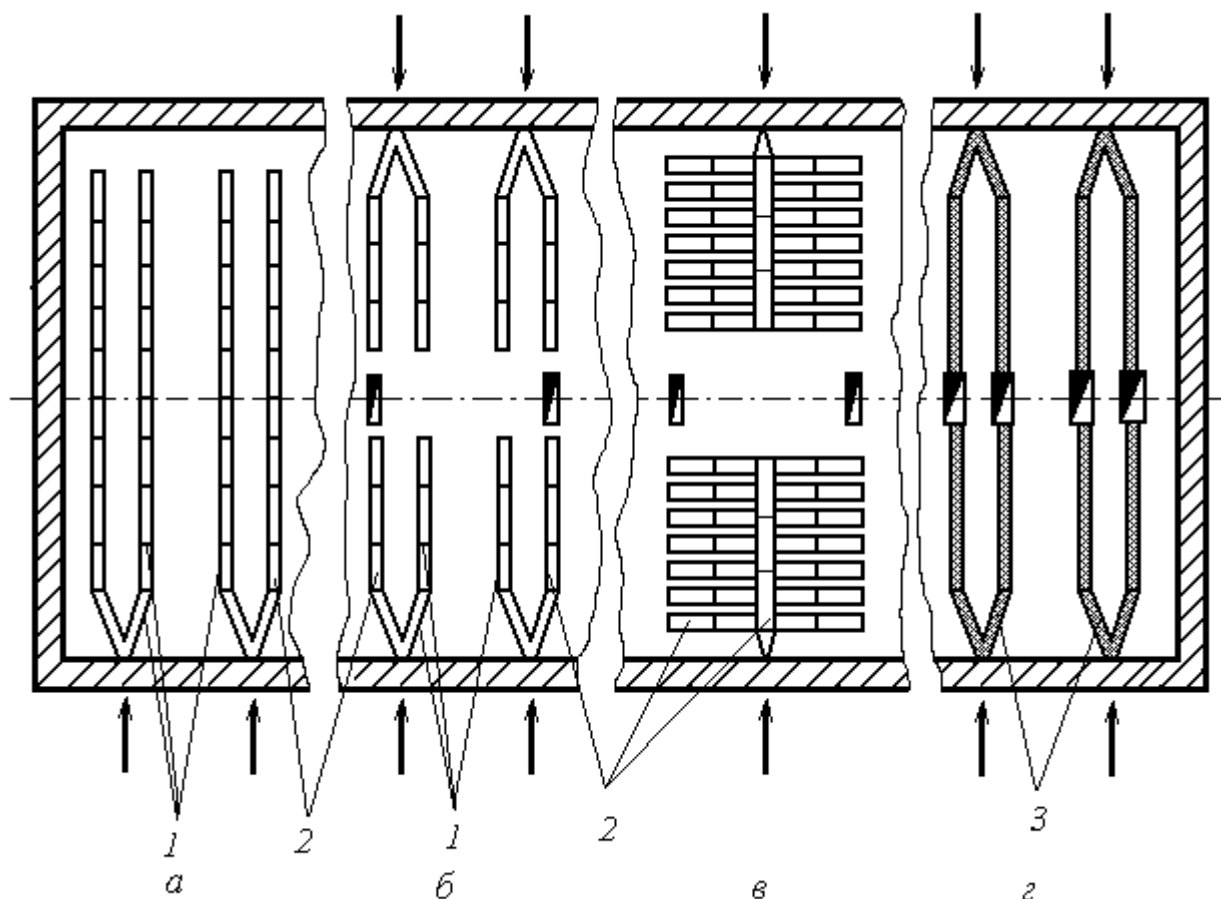


Рис. 4.1 – Схема стационарных установок для вентиляции зерна в складах с горизонтальными полами:

а – СВУ-1; б – СВУ-2; в – СВУ-63; г – аэрожелоба: 1 – деревянные щиты; 2 – щели для выхода воздуха; 3 – перфорированное перекрытие вентиляционных каналов

Установка СВУ-1 состоит из нескольких попарно соединенных каналов-воздуховодов (рисунок 4.1, а). Каналы устроены в полу склада и накрыты сверху сплошными деревянными щитами. Каналы имеют постоянную ширину, равную в нижней части 400 мм, в верхней – 900 мм, и переменную глубину, которая в начале канала составляет 500 мм, а в конце – 70 мм. Шаг между каналами – 3100 мм.

Каждые два канала с одной стороны попарно объединены и патрубком выведены через отверстие в стене за пределы склада. Одну пару объединенных каналов-воздуховодов принято называть секцией установки. Типовой склад вместимостью 3200 т оборудуют десятью секциями.

Воздух в каналы подают через диффузор, соединенный с осевым или центробежным электровентилятором достаточной мощности и производительности. Вентиляторы присоединяют к диффузору за пределами склада, по его продольной или торцевой стене и защищают от осадков.

Модернизированная установка СВУ-1М отличается от установки СВУ-1 пониженным аэродинамическим сопротивлением сети, связанным с увеличением сечения канала в свету. Кроме этого, в установке СВУ-1М расстояние между осями каналов-воздуховодов составляет 2350...2390 мм, деревянные щиты имеют ширину 910 мм против 810 мм в установке СВУ-1.

Установка СВУ-2 (рисунок 4.1, б) разработана для зерносклада с нижней галереей, и является видоизмененной конструкцией установки СВУ-1. Каналы-воздуховоды в установке укорочены в два раза, и располагаются симметрично по обе стороны от продольной оси склада, не доходя до нее 500 м. Воздух в каналы подводят через 26 входных патрубков, установленных в продольных стенах склада по 13 с каждой стороны. Установка имеет в два раза больше вентиляторов, следовательно, удельная подача воздуха в установке СВУ-2 больше, чем в СВУ-1.

Недостатком установок СВУ-1 и СВУ-2 является большая площадь слабовентилируемых участков. Расстояние между соседними каналами достигает 1500...2000 мм, а у стен – 4000...6000 мм. В результате воздух в зерновой массе распределяется неравномерно, образуются застойные зоны.

Установка СВУ-63 (рисунок 4.1, в) предназначена для вентилирования зерна различных культур с целью снижения температуры при влажности зерна до 26%, а также сушки их в насыпи теплым воз-

духом при влажности зерна до 30%. Данная установка является наиболее эффективной из стационарных вентиляционных установок, поскольку характеризуется наличием не только магистральных (воздухоподводящих) каналов, расположенных поперек склада, но имеет и подсоединенные к ним воздухораспределительные каналы. Кроме этого, глухие промежутки между щелями в установке не превышают 500...600 мм. В результате уменьшения площади «мертвых» зон технологическая эффективность установки повышается в 2...3 раза.

При формировании партий зерна над установкой СВУ-63 допускается значительно большая высота насыпи, чем над описанными выше.

Аэрожелоба (рисунок 4.1, г) используют для активного вентилирования хранящихся партий зерна, а также для механизированной разгрузки складов. Конструкция аэрожелоба состоит из воздухоподводящего канала и газораспределительной решетки.

В типовом складе вместимостью 3200 т монтируют 48 аэрожелобов по 24 с каждой продольной стороны хранилища. Они располагаются поперек склада. В середине склада аэрожелоба соединяют с выпускными воронками. Между аэрожелобами предусматривается система конусных растекателей зерна (скатов). Глубина каналов аэрожелобов у стен склада 500 мм, у выпускных воронок – 100 мм, ширина каналов – 220 мм. Длина каждого канала аэрожелоба 8 м. Аэрожелоб разделен перфорированной перегородкой в горизонтальной плоскости: нижняя часть воздухопроводящая, а верхняя – распределяющая воздух по насыпи зерна.

Аэрожелоб регулируют и налаживают на нормальную работу при выгрузке зерна с влажностью до 15,5%. Подача воздуха вентилятором снижается в 1,6...2,3 раза в сравнении с установками СВУ-2 и составляет 3,4 тыс. м³/ч. Охлаждение и вентилирование происходит, прежде всего, в непосредственной близости над каналами. Для большей эффективности вентилирование следует проводить одновременно не менее 5 вентиляторами с каждой стороны.

Наряду с горизонтальными полами на хлебоприемных предприятиях имеются склады и полами, выполненными наклонно. Для вентилирования и газации зерна в складах с наклонными полами разработаны специальные установки, предлагаемые Ростовским институтом «Промзернопроект» и установка «Каркас», разработанная учеными Всероссийского заочного института пищевой промышленности (ВЗИПП). Установка Ростовского ПЗП (рисунок 4.2, а) состоит из де-

ревянных воздухопроводов, параллельно уложенных на наклонных скатах пола склада. Она обеспечивает продувание насыпи снизу вверх.

Установка «Каркас» (рисунок 4.2, б) выполнена из перфорированных металлических воздухопроводов, смонтированных рядами вертикально над магистральными наклонными воздуховодами. Эта установка обеспечивает поперечное (горизонтальное) продувание слоев насыпи от одного ряда вертикальных перфорированных воздухопроводов, в которые нагнетают воздух вентиляторами, до соседнего такого же ряда воздухопроводов, из них этот воздух отсасывают. Перфорированные воздухопроводы установки «Каркас» удерживаются в вертикальном положении стальными струнами.

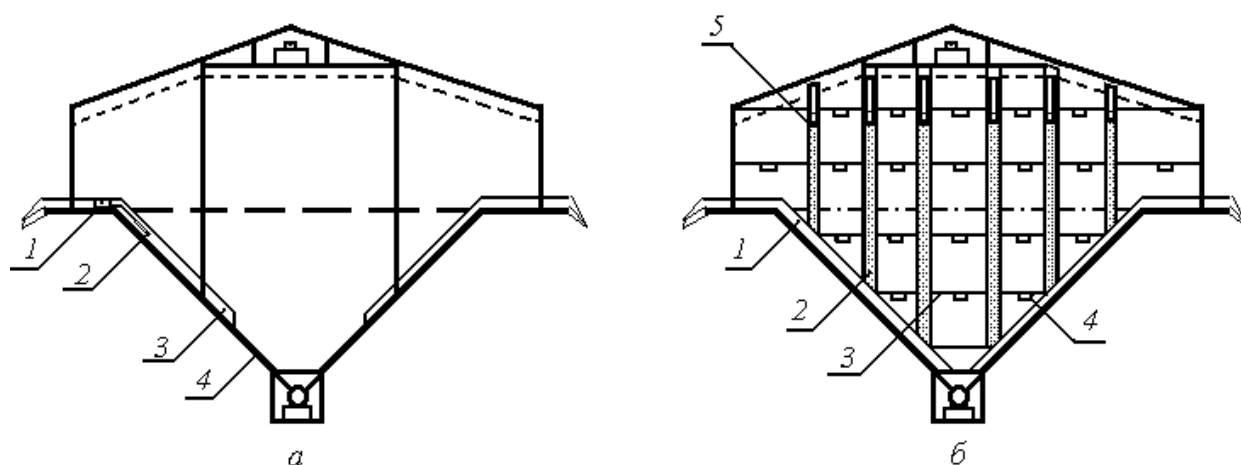


Рис. 4.2 – Схема стационарных установок для вентилирования зерна в складах с наклонными полами:

- а – Ростовского Промзернопроекта: 1 – поворотная заслонка; 2 – переходный патрубок; 3 – верхний канал; 4 – нижний канал;
 б – Каркас ВЗИПП: 1 – наклонный канал; 2 – перфорированные вертикальные трубы; 3 – стальные струны; 4 – термоподвески; 5 – запорный поршень

Наклонные магистральные каналы устроены в полу хранилища заподлицо с полом и имеют съемное деревянное перекрытие, исключая попадание зерна в каналы. Верхний конец канала при помощи переходного патрубка выводят за пределы хранилища, нижний заканчивают сетчатой задвижкой, открывающейся при выпуске просыпей зерна из наклонного канала.

Вдоль каждого магистрального канала на определенном расстоянии вертикально устанавливают перфорированные распределительные каналы. Между стояками хранилища натянуты поперечные и

продольные прутковые струны. Все натянутые струны образуют единый пространственный каркас. Вертикальные распределительные перфорированные трубы крепят к струнам посредством хомутов. В каждой трубе предусмотрен специальный поршень, подвешенный на тонком тросе. При перемещении поршня по трубе достигают равномерного распределения воздуха по насыпи.

Напольно-переносные вентиляционные установки

Основное отличие напольно-переносных (передвижных) установок от стационарных в том, что воздухоподводящие каналы не устраивают в полу склада, а укладывают поверх него, что является преимуществом установок такого типа.

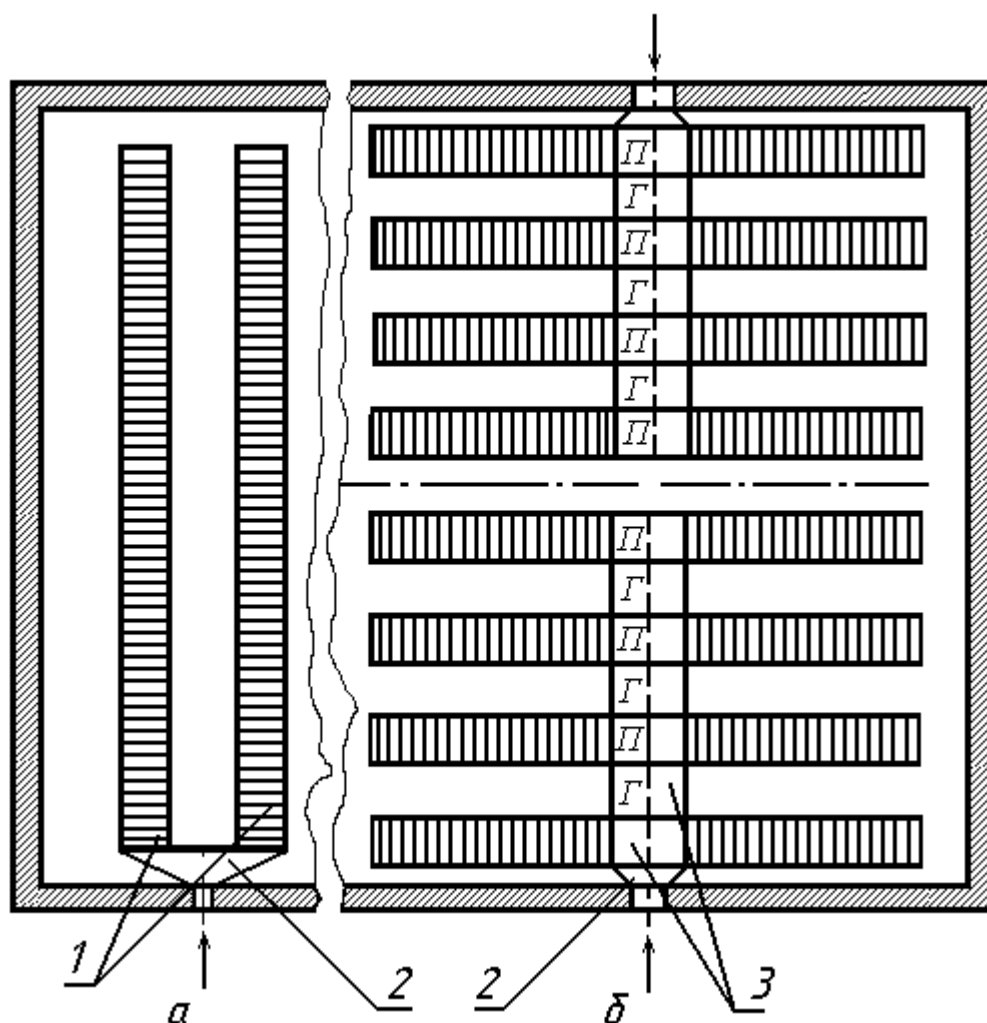


Рис. 4.3 – Схема напольно-переносных установок

для вентиляции зерна в складах и на площадках:

а - установка ГИПЗП-48; б – установка ГИПЗП-55: 1 – деревянные решетки; 2 – переходные патрубки; 3 – проходные (П) и глухие (Г) деревянные щиты

Среди напольно-переносных установок для активного вентилирования зерна широкое распространение получили установки типа ГИПЗП (государственного института «Промзернопроект»).

Напольно-переносные установки ГИПЗП-48 (рисунок. 4.3, а) и ГИПЗП-55 (рисунок 4.3, б) состоят из различного вида воздухораспределительных деревянных решеток и переходного воздуховода для подвода воздуха от вентилятора к решеткам. В типовых складах вместимостью 3200 т зерна размещают восемь отдельных секций установки – по одной против каждого дверного проема. В них монтируют входной патрубок, устанавливают закладные доски и присоединяют вентилятор. Поперек склада от дверного проема до его продольной оси укладывают на пол четыре деревянных проходных и три глухих щита, образующих магистральный канал.

Несмотря на простоту устройства и эксплуатации, напольно-переносные установки имеют следующие недостатки. Щиты и решетки выступают над уровнем пола и существенно затрудняют применение передвижных механизмов при погрузочно-разгрузочных работах с зерном в складах и на площадках. Эксплуатация установок сопряжена с большой затратой ручного труда. Деревянные части установок, особенно щиты и решетки, часто ломаются.

Напольно-переносные установки нашли применение и для вентилирования зерна на площадках. При этом торцы крайних решеток и последнего щита заглушают, прибывая к ним сплошные доски, что способствует более равномерному распределению воздуха по обрабатываемому массиву и лучшей продуктке.

Переносные трубные установки

Переносные установки используют для охлаждения части насыпи зерна, хранящегося на площадках и в складах, не оборудованных напольными установками.

Телескопическая вентиляционная установка ТВУ-2 (рисунок 4.4, а) представляет собой пятизвенную трубу телескопического типа. Все звенья трубы – полые стальные цилиндры со стенками толщиной 2 мм. У первого звена стенки сплошные, а у остальных четырех – перфорированные с отверстиями диаметром 3 мм. К первому звену приварены салазки, на которых трубу в собранном виде перемещают по территории предприятия или перевозят на автомобиле от одного хозяйства к другому.

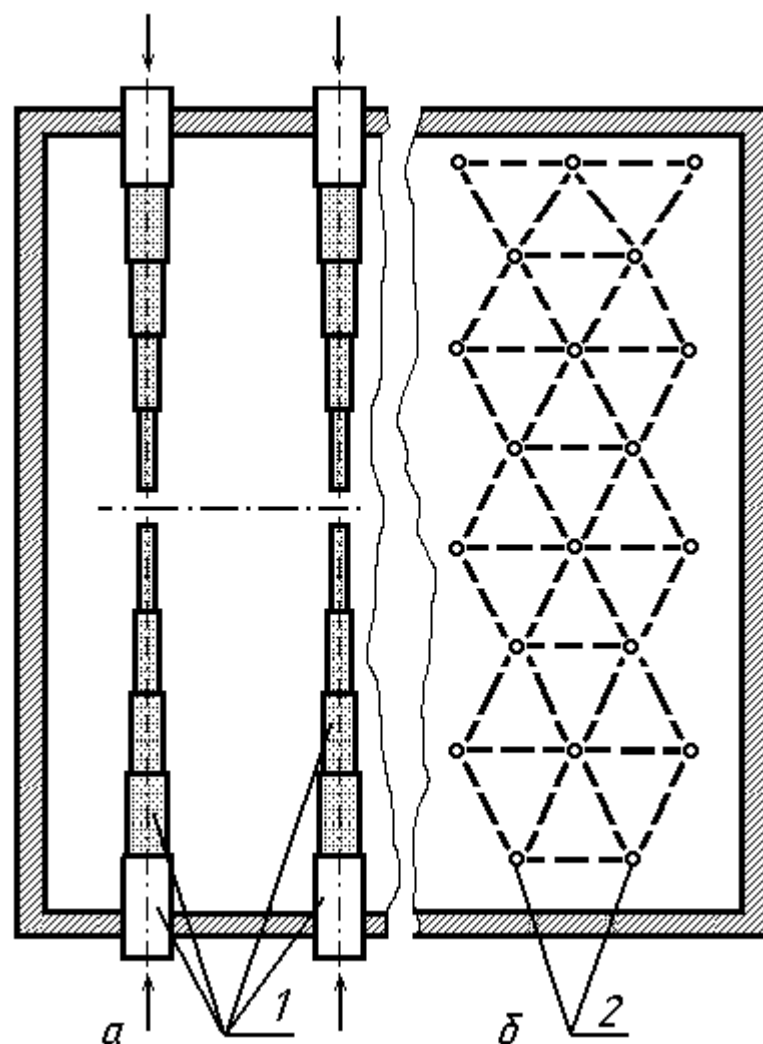


Рис. 4.4 Переносные трубные установки:

а – телескопическая вентиляционная установка ТВУ-2; б – однотрубная вентиляционная установка ПВУ-1: 1 – телескопические трубы; 2 – трубы ПВУ-1

Сквозь всю трубу телескопического типа проходит стальной трос длиной 12 м и диаметром 9,9 мм. Один конец его закреплен фиксаторами за последнее звено, а другой заканчивается петлей и выходит за пределы первого звена. Когда звенья трубы совмещены, конец троса с петлей свертывают кольцами в передней части первого звена, закрываемого крышкой, чтобы избежать самопроизвольного растягивания трубы во время перемещения или перевозки, трос закрепляют зажимом.

На площадке или току установки расставляют попарно одна против другой и растягивают каждую во все ее длину. Уложенные по полу площадки или склада звенья установки ТВУ-2 засыпаются зерновой массой на 2,5...3 м. К наружному концу трубы присоединяют вентилятор, обеспечивающий подачу 12 тыс. м³ воздуха в час. Такой установки достаточно, чтобы обеспечить обработку 100...150 т зерна.

Однотрубная переносная вентиляционная установка ПВУ-1 (рисунк 4.4, б) предназначена для ликвидации очагового самосогревания, а также для профилактического вентилирования. Принцип работы данной установки заключается в том, что перфорированную трубу погружают в зерновую насыпь, подсоединяют к ней вентилятор, и охлаждают зерно, нагнетая или отсасывая воздух из насыпи. Установка состоит из составной трубы, погружаемой сверху в зерновую насыпь, и индивидуального вентилятора, надеваемого на нее сверху. Установку используют группами, т. е. одновременно не менее семи труб, расставляемых в насыпи по углам равносторонних треугольников в три и более рядов. Составная труба, служащая воздухопроводом, имеет нижнюю и верхнюю части и переходную конусную муфту для присоединения вентилятора. Нижний отрезок с одного конца сделан на конус, облегчающий погружение в насыпь. Резьбовая муфта на другом конце служит для присоединения вибромолота, верхнего отрезка трубы или переходной муфты. Нижняя часть трубы сетчатая, с отверстиями диаметром до 2 мм. Верхний отрезок трубы служит для удлинения трубы при большой высоте насыпи. Трубу погружают в зерновую насыпь и извлекают из нее при помощи вибромолота.

Иногда для вентилирования зерна используют другую передвижную трубную установку – аппарат для газации зерна 4-АГ. Он отличается от установки ПВУ-1 тем, что воздух в трубы подают одним вентилятором через систему гибких трубопроводов, а зерно продувается только нагнетанием. Кроме того, в каждую трубу направляют значительно (в 4...6 раз) меньше воздуха.

Передвижной телескопический аэрожелоб (ПТА) состоит из пяти звеньев, которые можно растягивать на максимальную длину до 10 м и совмещать до 3,5 м (нерабочее состояние). Аэрожелоб изготовлен из сплошного листового металла толщиной 2...3 мм. Сечение аэрожелоба – квадратное. В верхней панели (крышке) всех звеньев аэрожелобов посередине вварена перфорированная лента шириной 160 мм из чешуйчатого сита.

Во избежание сдвига телескопических аэрожелобов целесообразно загрузку хранилища проводить так, чтобы струя зерна с верхней конвейерной галереи падала непосредственно на аэрожелоб, а не возле него.

Использование ПТА позволяет существенно повысить технологическую и экономическую эффективность вентилирования зерна в складах.

Установки для активного вентилирования зерна в силосах элеватора

Активное вентилирование в силосах элеватора менее распространено в связи со сложностью конструкции.

Для вентилирования зерна в силосах элеваторов применяют установки, обеспечивающие вертикальное или поперечное продувание зерновой насыпи.

Вертикальное вентилирование является наиболее простым способом вентилирования зерна в силосах. Способ основан на продувке слоя зерна по всей высоте силоса.

В установке с вертикальным продуванием зерна воздух от вентилятора напорно-прямоточной установки поступает через одну или две трубы под короб, из которого входит в зерновую массу и пронизывает ее. Удаляется воздух из силоса через верхний загрузочный люк. Установка позволяет вести вентилирование зерна при частичной или полной загрузке силоса.

Установки с вертикальным вентилированием простые по устройству и эксплуатации, недорогостоящие, но их работа связана с большим расходом энергии и в ряде случаев не обеспечивают достаточного технологического эффекта вентилирования: нижние слои зерна лучше охлаждаются и подсушиваются, чем верхние.

Поперечное (или горизонтальное) продувание зерновой насыпи в силосе является более совершенным способом, и обеспечивает лучший технологический эффект вентилирования.

Напорно-вытяжная жалюзийная установка состоит из шести или четырех вертикальных жалюзийных воздухопроводов полукруглого сечения, смонтированных внутри силоса по три (или по два) воздуховода, расположенных друг против друга. Каждый воздуховод в средней части делится по длине глухой перегородкой пополам. Три (или две) половины воздухопроводов, объединенные фасонными воздухопроводами в над- и подсилосных помещениях, образуют секции.

В две левые секции снизу и сверху два вентилятора нагнетают воздух, а из противоположных правых двух секций такие же два вентилятора его отсасывают. Вентилирование зерна этой установкой осуществляется только после полной загрузки силоса.

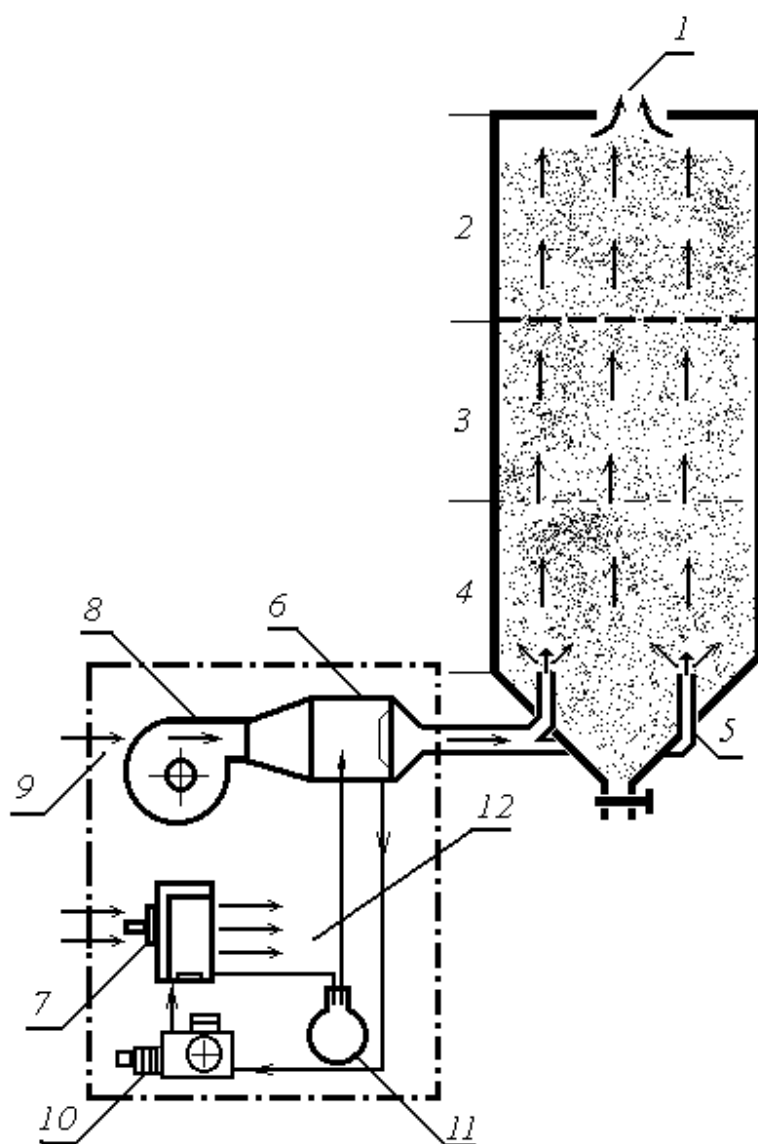


Рисунок 4.5 – Принципиальная схема установки для охлаждения зерна в силосе элеватора:

1 – выход теплого отработанного воздуха; 2 – зона неохлажденного зерна; 3 – зона охлаждения; 4 – зона охлажденного зерна; 5 – поступление холодного зерна; 6 – охладитель воздуха (испаритель); 7 – конденсатор; 8 – вентилятор; 9 – засасывание атмосферного воздуха; 10 – компрессор; 11 – сборник; 12 – теплый отработанный воздух

Напорно-вытяжная трубная установка с поперечным продуванием насыпи состоит из четырех или шести воздухопроводов, которые монтируют внутри силоса попарно на расстоянии 0,4 диаметра силоса друг от друга. Каждый воздухопровод состоит из набора перфорированных металлических звеньев или чередующихся между собой двухметровых звеньев со сплошными перфорированными стенками. Каждая пара или три вертикальных воздухопровода объединены фасонными

воздуховодами в под- и надсилосном помещениях в секции, в одну из которых вентилятор нагнетает воздух, а из противоположной секции другой такой же вентилятор отсасывает его.

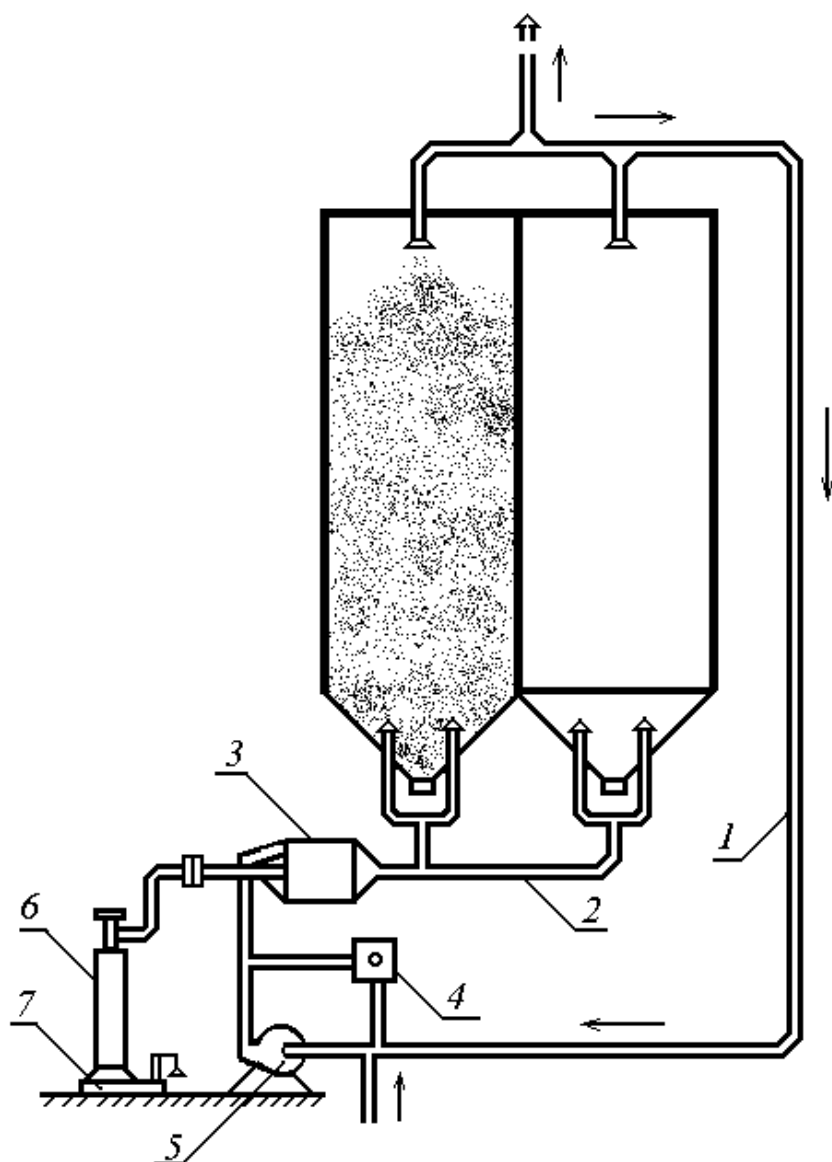


Рис. 4.6 – Установка для газации:

1, 2 – газопроводы; 3 – смесительная камера; 4 – газоанализатор;
5 – вентилятор; 6 – баллон с газом; 7 – весы

Устройства для искусственного охлаждения и газации зерна

Искусственное охлаждение способствует сохранности исходного качества свежесобранного зерна, сокращает потери сухого вещества, тормозит развитие микрофлоры и вредителей. Для охлаждения зерна в силосах элеваторов часто используют схему вертикального продувания искусственно охлажденным воздухом снизу вверх. Принципиальная технологическая схема охлаждения зерна в силосах эле-

ватора приведена на рисунке 4.5. Охлажденный воздух от холодильной установки поступает в зерновую массу снизу, а отработавший – удаляется через верхний загрузочный люк силоса. Зерно можно охлаждать как при полной загрузке силоса зерном, так и при частичной.

Согласно нормам технологического проектирования элеваторов для борьбы с вредителями следует предусматривать не менее двух силосов, герметизированных и оборудованных устройством для газации зерна и приборами для измерения и регулирования концентрации газа

Для газации применяют установки, работающие по принципу рециркуляции газовоздушной смеси. Стационарная установка (рис 4.6), состоит из лечебных силосов, баллона с газом, смесительной камеры, вентилятора, газопровода, весов и прибора для измерения концентрации газа. Газопровод всасывающими и выхлопными патрубками соединен с атмосферой.

Газацию проводят следующим образом. Вентилятором 5 в смесительную камеру 3 подают воздух и газ из баллона 6. Полученную смесь нагнетают в силос. Пройдя зерновую массу, смесь поступает через вентиль и газопровод и возвращается к вентилятору. Таким образом, цикл повторяется много раз. Количество необходимого газа устанавливают по весам.

4.3 Расчет подачи воздуха для вентилирования и продолжительности вентилирования

Известно, что с учетом удельной теплоемкости воздуха и обрабатываемого продукта для охлаждения 1 т зерна до температуры наружного воздуха необходимо затратить в среднем 2000 м³. При этом данное количество воздуха необходимо подводить к охлаждаемому зерну с определенной скоростью, т.е. соблюдая удельную подачу. При недостаточной скорости движения воздуха возможно полное насыщение обрабатываемого продукта водяными парами до выхода его из зерновой насыпи. Это приведет, с одной стороны, к конденсации водяных паров в верхних, более холодных слоях насыпи, с другой – воздух, насыщенный влагой, уже в середине насыпи, проходя через остальную часть зерна, теряет свои функции, т.е. не охлаждает и не подсушивает зерно.

При завышенной подаче воздух, пройдя через насыпь зерна, останется неиспользованным, что приведет к перерасходу электроэнергии. Поэтому для эффективного вентилирования зерна необходимо учитывать удельную подачу, которая в свою очередь зависит от культуры, влажности и типа вентиляционной установки (приложение 4.1).

Кроме того, для расчета величины подачи воздуха необходимо знать производительность вентиляторов (приложение 4.2).

При вентилировании зерна следует учитывать продолжительность этой операции, т.к. продувание зерна воздухом после достижения требуемого эффекта ведет к неоправданным затратам электроэнергии и рабочей силы.

Продолжительность вентилирования (τ) определяют, исходя из общей подачи воздуха в зерновую массу и фактической часовой подачи воздуха работающими вентиляторами по формуле

$$\tau = \frac{m \cdot 2000}{W \cdot n}, \quad (4.1)$$

где m – масса вентилируемого зерна, т;

W – производительность одного вентилятора, $\text{м}^3/\text{ч}$;

n – число вентиляторов;

2000 – постоянная величина (количество воздуха, необходимого для охлаждения 1 т зерна, м^3).

Пример. Рассчитать подачу воздуха при вентилировании 2150 т пшеницы влажностью 16...18%, загруженной в склад вместимостью 3200 т, оборудованный установкой СВУ-1 (десять секций). В состав установки входят десять вентиляторов СВМ-5.

По приложению 4.1 находим удельную подачу воздуха. Для пшеницы влажностью 18% (для определения удельной подачи берется более высокое показание влажности) она равна $50 \text{ м}^3/(\text{ч} \cdot \text{т})$.

Расчетная подача для всей партии зерна составит

$$2150 \text{ т} \cdot 50 \text{ м}^3/(\text{ч} \cdot \text{т}) = 107\,500 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Фактическая подача при наличии десяти вентиляторов СВМ-5 составит

$$W \cdot n = 11\,000 \text{ м}^3/\text{ч} \cdot 10 = 110\,000 \text{ м}^3/\text{ч},$$

где $W = 11\,000 \text{ м}^3/\text{ч}$ – производительность одного вентилятора СВМ-5 на установке СВУ-1 при вентилировании зерна пшеницы и высоте насыпи меньше максимальной (приложение 4.2). Имеющаяся фактическая подача вполне обеспечит расчетные данные по эффективному вентилированию зерна.

Продолжительность вентилирования согласно вышеприведенной формуле составит

$$\tau = \frac{m \cdot 2000}{W \cdot n} = (2150 \cdot 2000) / (11000 \cdot 10) = 39 \text{ ч.}$$

Контрольные вопросы: Какие виды вентилирования Вы знаете? Какую схему используют для охлаждения зерна в силосах элеваторов искусственно охлажденным воздухом? Как устроены воздухопроводы установки СВУ? Какие недостатки имеют напольно-переносные установки? Для чего предназначена установка ПВУ-1 и из каких основных элементов она состоит? Какие стационарные установки применяются для вентилирования зерна в складах с наклонными полами? За счет чего перфорированные воздухопроводы установки «Каркас» удерживаются в вертикальном положении? Где применяются телескопические вентиляционные установки ТВУ-2? Какие установки применяют для вентилирования зерна в силосах элеваторов? Что происходит при: а) недостаточной скорости движения воздуха при активном вентилировании насыпи зерна? б) завышенной подаче воздуха? От каких факторов зависит удельная подача воздуха? По какой формуле находят продолжительность вентилирования?

5 УСТРОЙСТВО И РАБОТА ЗЕРНОСУШИЛОК

5.1 Классификация и устройство зерносушилок

В зависимости от классификационных признаков сушилки, применяемые для послеуборочной обработки зерна, делятся на следующие:

- по характеру использования – на стационарные и передвижные;
- по конструктивным признакам – на шахтные, барабанные, камерные, трубные и др.;
- по способу подвода тепла – на конвективные и контактные (кондуктивные);
- по состоянию зернового слоя – с плотным неподвижным, с плотным движущимся, с псевдоожиженным, с взвешенным и с комбинированным слоем;
- по характеру движения зерна при сушке – на прямоточные и рециркуляционные.

Среди сушилок, применяемых в практике зерносушения, наибольшее распространение получили шахтные прямоточные зерносушилки. Такие зерносушилки, как правило, состоят из надшахтного бункера, двух шахт с коробами, двух выпускных устройств, топки, вентиляционного оборудования, норий и транспортеров для перемещения зерна.

Надшахтный бункер выполняет функции накопителя зерна. При этом зерновой слой над шахтами препятствует выбросу теплоносителя через верх шахты.

Корпус шахт выполняют из листовой стали или из железобетона. Короба изготавливают в основном пятигранной формы с открытой нижней частью также из листовой стали. В некоторых сушилках короба выполнены перфорированными, что улучшает равномерность сушки.

Подводящие и отводящие короба в шахте чередуются рядами (ряд отводящих коробов – ряд подводящих коробов) или чередуются в ряду (подводящий короб – отводящий короб).

Каждая шахта зерносушилки снабжена выпускным устройством, обеспечивающим равномерность движения зерна по поперечному сечению шахты. В свою очередь это обеспечивает равномерность нагрева, сушки и охлаждения зерна. Выпускные устройства могут быть периодического и непрерывного действия. В первом случае устройст-

во обеспечивает выпуск зерна через определенный промежуток времени, во втором – выпуск зерна осуществляется непрерывно. Некоторые зерносушилки комплектуются выпускными устройствами комбинированного действия, обеспечивающими выпуск зерна одновременно в режиме непрерывного и периодического действия. Такое устройство обеспечивает более равномерный выпуск зерна из шахты.

Для подачи в шахты теплоносителя и атмосферного воздуха применяются вентиляторы низкого ($H < 1000$ Па) и среднего ($H = 1000 \dots 3000$ Па) давления. В топках для подачи воздуха в форсунку используются вентиляторы высокого давления ($H = 10000 \dots 12000$ Па).

Зерносушилка А1-ДСП-50 шахтного типа, с двумя контурами рециркуляции и предварительным подогревом зерна состоит из двух сушильных шахт, тепловлаagoобменника и охладительной шахты, а также надсушильных бункеров, выпускных устройств, вентиляционного оборудования, системы транспортирования зерна и очистки отработавшего теплоносителя, топки и шкафа управления.

Каждая из сушильных шахт включает четыре секции размером 3200×985 мм и высотой 1650 мм. В секциях установлены подводящие и отводящие короба, выполненные в форме клина по длине с жалюзийными боковыми стенками. Короба располагаются зигзагообразно по вертикали и чередуются между собой в каждом ряду. Под первой сушильной шахтой смонтирован тепловлаagoобменник.

Охладительная шахта по конструкции аналогична сушильной, и состоит из трех секций.

Под тепловлаagoобменником и охладительной шахтой расположены устройства (механизмы) для выпуска зерна из шахт, состоящие из двух рам, расположенных одна над другой с регулируемым зазором ($3 \dots 5$ мм). Верхняя рама неподвижна, в нижней её части установлены 16 клиновидных выпускных коробов. Нижняя рама выполнена подвижной и в ней имеются шиберы, с помощью которых перекрываются отверстия выпускных коробов верхней рамы. При перемещении подвижной рамы от среднего положения образуются щели между выпускными коробами и шиберами, с помощью которых зерно равномерно выпускается из шахты.

Открытие затвора осуществляется с помощью электропривода и реле времени, закрытие – при помощи возвратных пружин. За каждое открытие затвора выпускается $100 \dots 300$ кг зерна. Производительность выпускного устройства регулируется частотой открытий затво-

ра, а также величиной щели, которая в свою очередь изменяется за счет длины тяг привода.

Отбор зерна из шахты для рециркуляции осуществляется с помощью бесприводного устройства, состоящего из поворотного клапана и сборников зерна. Количество рециркулируемого зерна зависит от величины открытия клапана.

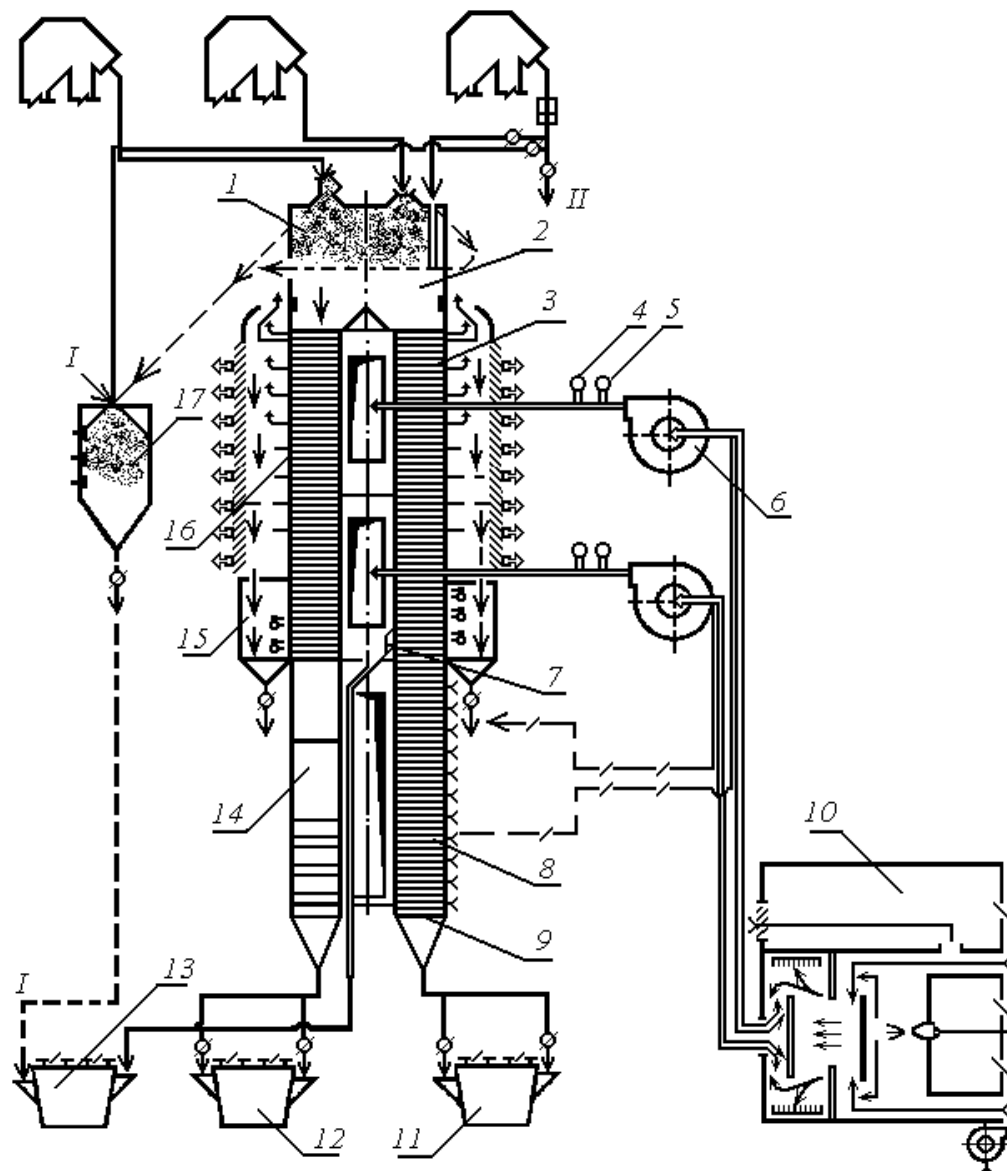


Рисунок 5.1 – Технологическая схема зерносушилки А1-ДСП-50:

1 – надсушильный бункер первой сушильной шахты; 2 – надсушильный бункер второй сушильной шахты; 3 – вторая сушильная шахта; 4 – ртутный термометр; 5 – термометр сопротивления; 6 – вентиляторы; 7 – механизм для отбора зерна; 8 – охлаждающая шахта; 9 – выпускное устройство; 10 – топка; 11 – нория для сухого зерна; 12 – промежуточная нория; 13 – нория для сырого зерна; 14 – теплообменник; 15 – осадочная камера; 16 – первая сушильная шахта; 17 – бункер для сырого зерна; I – сырое зерно; II – сухое зерно

Продувка шахт параллельная и они снабжены двумя вентиляторами типа Ц4-76 ЮЖ. В качестве теплоносителя используется смесь атмосферного воздуха с продуктами сгорания жидкого или газообразного топлива. Воздух, смешиваясь с продуктами горения, образует газоздушную смесь температурой 250...300 °С, которая затем, смешиваясь с отработавшим воздухом охлаждающей шахты образует теплоноситель температурой 160 °С.

Зерносушилка работает по следующей схеме. Сырое зерно из оперативного бункера 17 (рисунок 5.1) поступает в норию 13, куда также направляется сухое нагретое зерно из шахты 3. Смесь зерна направляется в надсушильный бункер первой шахты 1, который одновременно является и тепловлагообменником, а затем попадает в первую сушильную шахту 16. Из неё обрабатываемое зерно поступает в тепловлагообменник 14 и через выпускной механизм 9 с помощью промежуточной нории 12 подается в надсушильный бункер 2 второй шахты, после чего попадает в сушильную зону 3. Часть сухого зерна через механизм отбора 7 и сливную самотечную трубу из надсушильного бункера 2 второй шахты поступает на рециркуляцию (в первую шахту), а остальное – в охлаждающую шахту 8 и через выпускное устройство 9 в норию сухого зерна 11.

Теплоноситель подается в сушильные шахты двумя вентиляторами 6 из топки 10 с подсосом атмосферного воздуха, прошедшего через охлаждающую шахту 8.

Конструкция зерносушилки позволяет очищать отработанный в шахтах теплоноситель и воздух от легких примесей в осадочных камерах, примыкающих к шахтам. В зоне сушки вентиляторы работают на нагнетание, а зона охлаждения работает на всасывание.

Оценивая технологический уровень зерносушилки А1-ДСП-50, можно отметить, что она имеет почти все недостатки, присущие шахтным сушилкам. К ним относятся возможный перегрев зерна, так как нагрев и испарение влаги осуществляются в шахтах достаточно продолжительное время, и процесс испарения влаги идет как в первом, так и во втором периодах сушки. В связи с тем, что процесс всасывания атмосферного воздуха сопровождается большим сопротивлением зернового слоя, работа сушилки на всасывание в зоне охлаждения не позволяет в достаточной мере охладить просушенное зерно. Этот недостаток усугубляется, в том случае, когда в системе воздухопроводов имеются неплотности, через которые воздух будет всасываться вентиляторами зоны сушки.

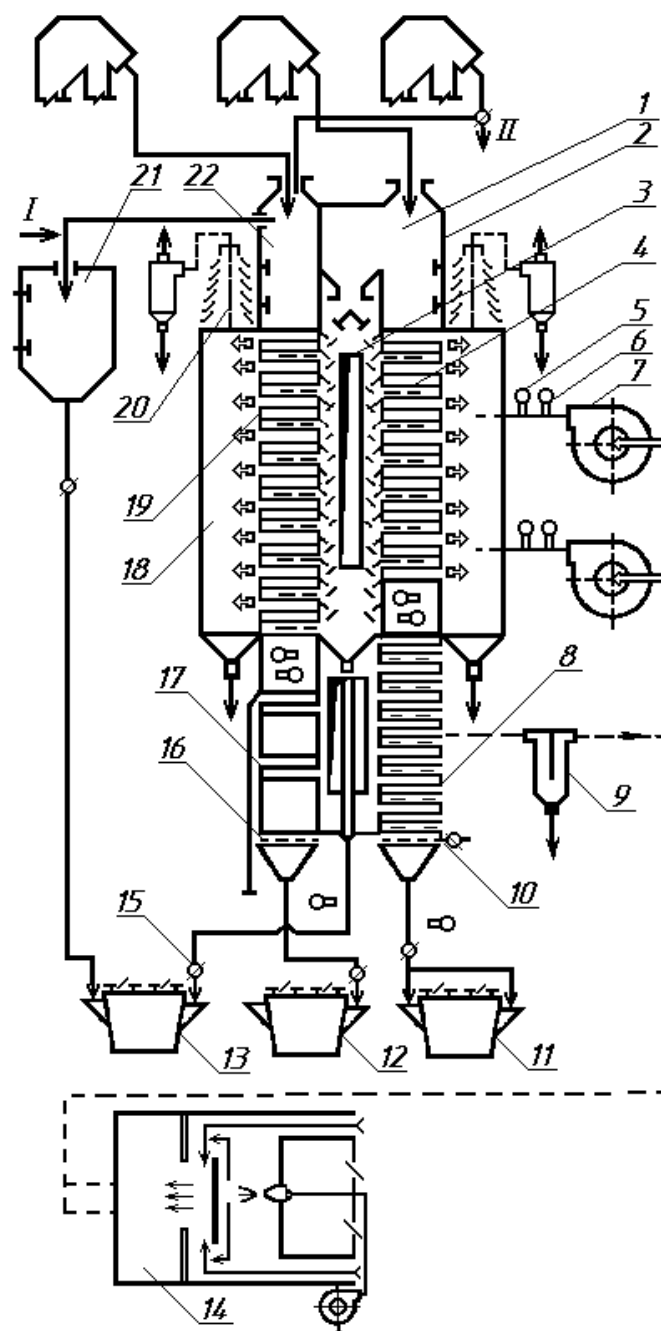


Рисунок 5.2 – Технологическая схема зерносушилки А1–УЗМ:

1 – бункер для избыточного количества зерна; 2 – надшахтный бункер второй сушильной шахты; 3 – ввод агента сушки в напорно-распределительную камеру; 4 – подогреватель; 5 – ртутный термометр; 6 – термометр сопротивления; 7 – вентиляторы для подачи агента сушки; 8 – охлаждающая шахта; 9 – осадочная камера; 10 – выпускной механизм непрерывного действия; 11 – нория для сухого зерна; 12 – промежуточная нория; 13 – нория для сырого зерна; 14 – топка; 15 – перекидной клапан; 16 – бесприводной выпускной механизм; 17 – теплообменник; 18 – осадочная камера; 19 – сушильная шахта; 20 – пылеотделитель; 21 – оперативный бункер; 22 – надшахтный бункер первой сушильной шахты; I – сырое зерно; II – сухое зерно

Положительной стороной зерносушилки является то, что частичная рециркуляция сухого нагретого зерна позволяет увеличить сьем влаги при необходимости более чем на 6%.

Производительность зерносушилки А1-ДСП-50 при снижении влажности зерна на 6% составляет 50 т/ч. Удельный расход условного топлива равен 11,2 кг/т; электроэнергии – 2,4 кВт ч/т. Габаритные размеры (без норий) 10000×7000×20000 мм, масса 5300 кг.

Зерносушилка А1-УЗМ (рисунок 5.2) является шахтной зерносушилкой с частичной рециркуляцией нагретого зерна. Эта зерносушилка является прототипом зерносушилки А1-ДСП -50 и отличается наличием каскадного нагревателя для нагрева рециркулирующего зерна.

Зерносушилка состоит из двух вертикальных сушильных шахт, тепловлагодобменника, охладительной шахты, двух выпускных устройств: бесприводного и непрерывного действия, надшахтного бункера, вентиляционного оборудования, топки, работающей на жидком топливе, системы очистки отработавшего воздуха и транспортного оборудования.

Сушильная шахта состоит из отдельных секций высотой 1150 мм и размером в плане 3200×985 мм. В каждой секции размещено четыре ряда коробов. Подводящие и отводящие короба чередуются между собой в каждом ряду. Короба изготовлены переменного сечения в виде клина; их боковые стенки выполнены перфорированными.

Технологический процесс зерносушилки осуществляется в следующей последовательности: сырое зерно из склада или элеватора поступает в оперативный бункер 21, оттуда самотеком поступает в норию 13. Смесь зерна направляется в надшахтный бункер 22, затем в сушильную шахту 19, в тепловлагодобменник 17 и далее через бесприводной выпускной механизм 16 в промежуточную норию 12. После этой нории зерно поступает в надшахтный бункер 2 второй сушильной шахты, из которого одна часть зерна через окна в перегородке направляется в бункер 1 и далее в каскадный подогреватель 4.

Из подогревателя зерно снова направляют в норию, где оно смешивается с сырым зерном из оперативного бункера. Из надшахтного бункера 2 второй сушильной шахты зерно поступает в охладительную шахту 8. Охлажденное зерно через выпускной механизм непрерывного действия 10 направляется в норию для сухого зерна, затем по самотечной трубе подается в склад или силосный корпус элеватора.

В случае, если влажность зерна на выходе из охладительной шахты выше нормы (контроль осуществляется влагомером), перекидным клапаном, установленным на сливной самотечной трубе, его поток перекрывают, по второй самотечной трубе подают в надшахтный бункер первой сушильной шахты для досушивания. Режим работы выпускного механизма 10 второй сушильной шахты корректируют в зависимости от влажности зерна на выходе. Теплоноситель из топки 14 двумя вентиляторами 7 подается в напорно-распределительную камеру и подогреватель 4, где осуществляется нагрев зерна в падающем слое. Из подогревателя теплоноситель поступает в обе сушильные шахты, где пронизывает зерно в плотном малоподвижном слое. Затем он очищается в осадочных камерах 18 с инерционными пылеотделителями 20 и выбрасывается в атмосферу.

Охлаждение зерна осуществляется в охладительной камере 8 атмосферным воздухом, который засасывается вентилятором для подачи агента сушки и, пройдя через осадочную камеру 9, смешивается с теплоносителем.

Конструкцией сушилки предусматривается возврат недосушенного зерна на повторную сушку через оперативный бункер 21.

Температура теплоносителя на входе в напорно-распределительную камеру составляет 140...160 °С.

Температура зерна после первой сушильной шахты равна 50...53 °С. Часть этого зерна, попадая в каскадный нагреватель, нагревается за 10...15 с до температуры 60 °С. Продолжительность отлежки зерна в тепловлагообменнике 8 составляет 6...7 минут; этот процесс продолжается в надшахтном бункере 5 в течение 9...10 минут. После каскадного нагревателя температура теплоносителя снижается до 110...130 °С и с этой температурой он направляется в сушильные шахты. В первой сушильной шахте продолжительность сушки равна 4...5 минут, а во второй сушильной шахте зерно сушится в течение 10...12 минут. Охлаждение зерна длится в течение 10...12 минут.

Особенностью данной сушилки является возможность дистанционного контроля температуры нагрева и влажности зерна. Температура нагрева зерна контролируется после каждой сушильной шахты, а влажность зерна – на входе в охладительную шахту.

Удачным техническим решением А1-УЗМ является размещение подогревателя в самой зерносушилке, что позволило обойтись минимумом обслуживающих норий и скомпоновать её на небольшой площади.

Оригинальным конструкторским решением является также использование напорно-распределительной камеры для подогрева рециркулирующего зерна с последующим смешиванием его с сырым зерном. Это в свою очередь интенсифицирует влагообмен между сырым и рециркулирующим зерном.

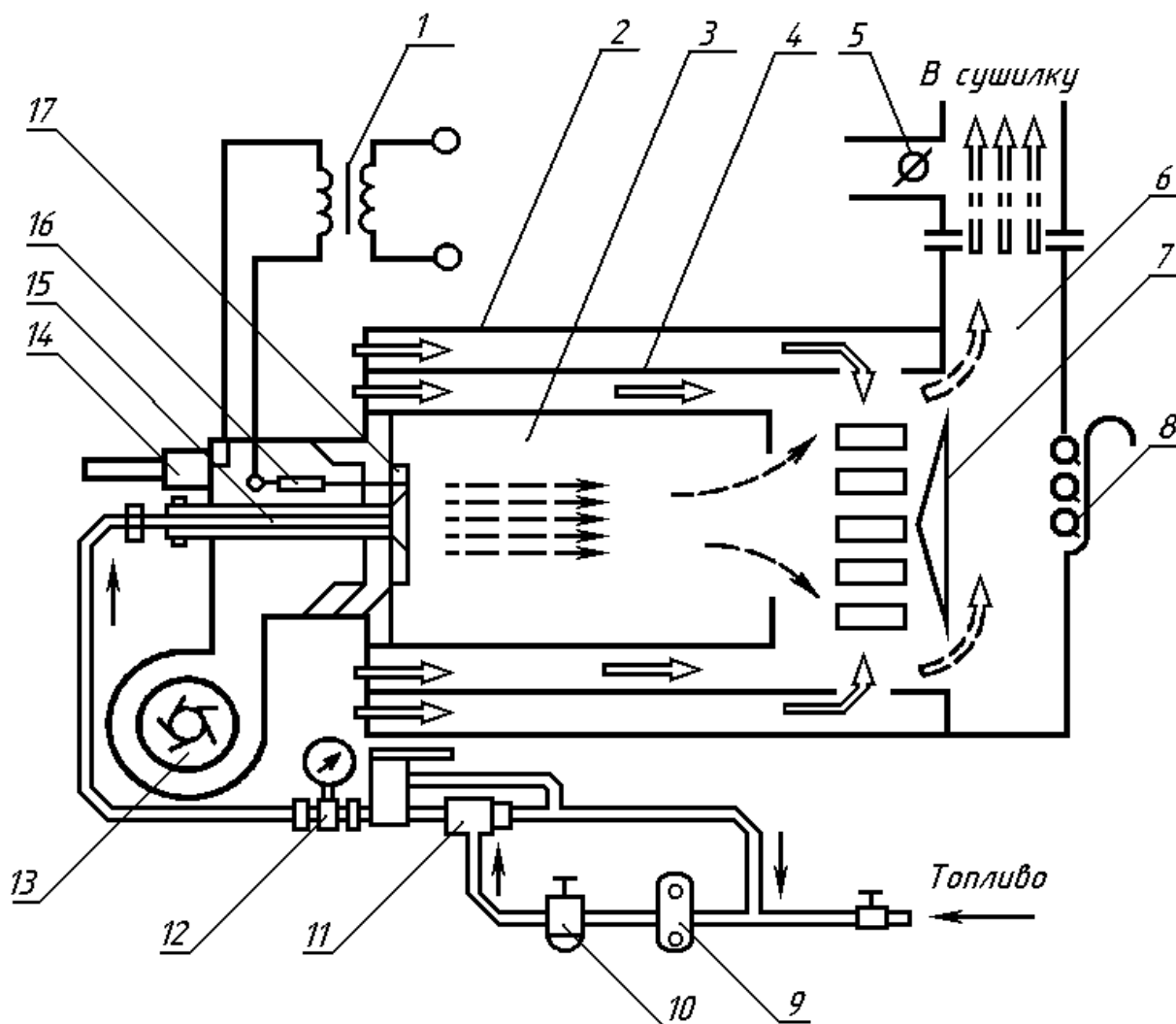


Рисунок 5.3 – Схема топki зерносушилки СЗШ–16:

1 – газосветный трансформатор; 2 – кожух; 3 – камера сгорания; 4 – экран; 5 – клапан впуска атмосферного воздуха; 6 – смесительная камера; 7 – отражательный экран; 8 – противовзрывной клапан; 9 – топливный насос; 10 – фильтр; 11 – клапан; 12 – манометр; 13 – дутьевой вентилятор; 14 – фотоэлектрический прибор; 15 – форсунка; 16 – свеча зажигания; 17 – завихритель

← Топливо

--- Топочные газы

↑ Воздух

↑ Смесь топочных газов с воздухом

Производительность зерносушилки А1-УЗМ при снижении влажности зерна с 20 до 14 % составляет 50 т/ч. Удельный расход условного топлива равен 11 кг/т; электроэнергии – 2,4 кВт·ч/т. Габаритные размеры (без норий и топки) 10000×7000×20000 мм, масса 55000 кг.

Зерносушилка СЗШ-16 спроектирована и изготовлена для предприятий сельского хозяйства и используется в сочетании с зерноочистительными комплексами типа ЗАВ-20.

Зерносушилка состоит из цилиндрической топки, работающей на жидком топливе, двух параллельно расположенных сушильных шахт с выпускными устройствами, двух выносных охлаждающих колонок, газовоздуховодов, диффузоров и норий.

Топка сушилки включает (рисунок 5.3) камеру сгорания, кожух, топливную аппаратуру, смесительную камеру, систему зажигания и контроля факела. Перед смесительной камерой расположен отражательный экран, а в самой камере – противовзрывной клапан. В торцевой части топки смонтированы завихритель воздуха и форсунка. Для контроля наличия факела во время работы сушилки, в топке установлено фотоэлектрическое реле.

В каждой из двух шахт размером 2030×1000 мм и высотой – 6400 мм размещено 14 рядов коробов по 8 штук в ряду. Шахты размещены параллельно друг к другу, между шахтами расположена распределительная камера. Над каждой шахтой смонтирован надшахтный бункер, излишки зерна из которого по самотечной трубе направляются в нории сырого зерна. Под шахтами смонтированы выпускные устройства комбинированного действия. Устройство совершает как непрерывное движение с амплитудой колебания 4...20 мм, так и периодическое движение с амплитудой 135 мм через каждые 4 минуты.

В состав зерносушилки входят два вентилятора типа ЦЧ-70 №8 (по одному на каждую шахту), две нории сухого зерна и две нории сырого зерна.

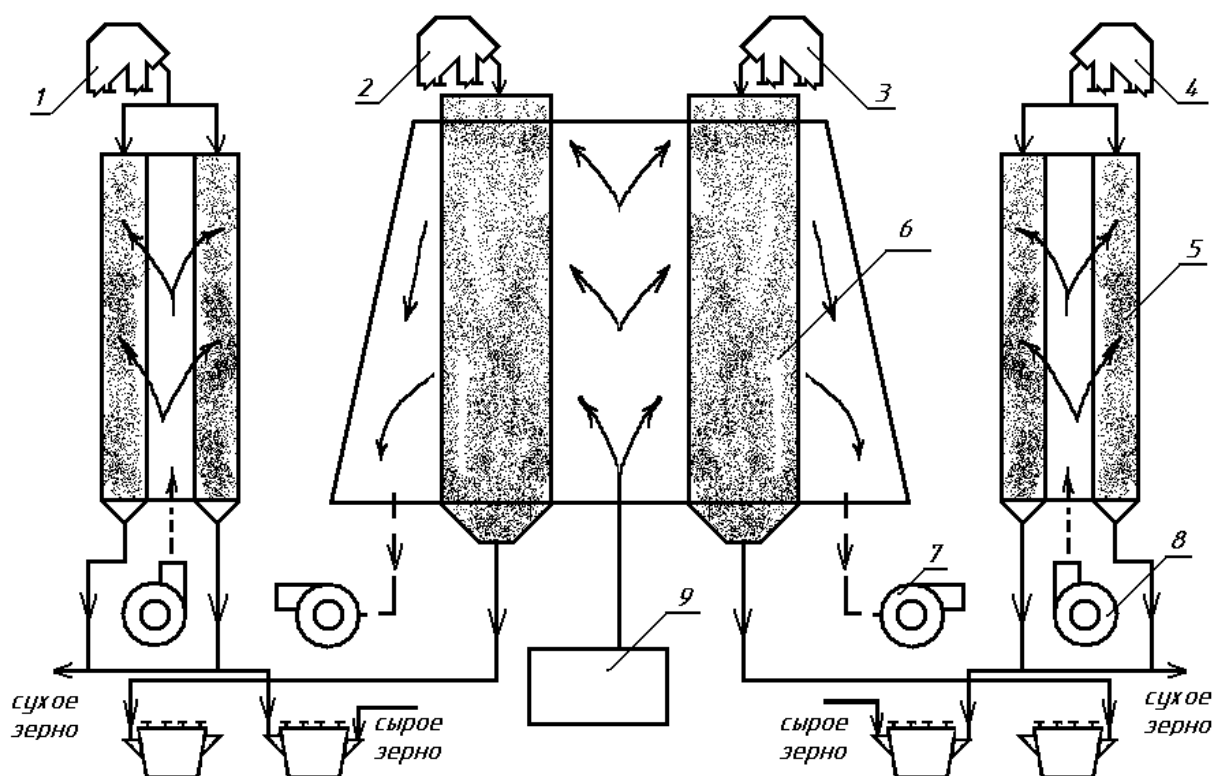


Рисунок 5.4 – Технологическая схема зерносушилки СЗШ-16:

1,2,3,4 – нория, 5 – охладитель, 6 – шахта сушилки, 7 – вентилятор шахты, 8 – вентилятор охладителя, 9 – топка

В качестве теплоносителя используется подогретый воздух, что значительно повышает пожаробезопасность при эксплуатации сушилки.

Зерносушилка имеет одну зону сушки и работает на всасывание, для чего топка соединена воздухопроводом с напорной камерой, а вентиляторы шахт смонтированы после шахт и работают на всасывание. Охлаждение просушенного зерна осуществляется в двух охлаждающих колонках (по одной на каждую шахту).

Охладительная колонка высотой 2750 мм выполнена из двух перфорированных цилиндров – внутреннего диаметром 760 мм и внешнего диаметром 1260 мм. В пространство между цилиндрами загружается зерно и продувается атмосферным воздухом при подаче его вентилятором во внутренний цилиндр.

Технологический процесс сушки СЗШ-16 осуществляется следующим образом. Сырое зерно поступает в норию 2 (рисунок 5.4) и норию 3. Каждая из этих норий направляет сырое зерно в свою шахту 6. Зерно, двигаясь по шахте сверху вниз, продувается подогретым в топке 9 атмосферным воздухом, подаваемым вентиляторами 7. Равномерность выпуска зерна из шахт обеспечивается комбиниро-

ванным выпускным устройством, смонтированным под каждой шахтой. Зерно после шахт направляется в нории 1 и 4, а затем в охлаждающие колонки 5, где оно охлаждается атмосферным воздухом, нагнетаемым вентилятором 8. Сухое и охлажденное зерно направляется на хранение.

В сравнении с зерносушилками серии ДСП зерносушилка СЗШ-16 имеет следующие недостатки:

- наличие одной зоны сушки и специального оборудования для охлаждения зерна повышают затраты на обработку зерна;
- работа вентиляторов шахт на всасывание эффективна при достаточной герметизации воздухопроводов, в противном случае вентиляторы будут засасывать вместо теплоносителя через неплотности атмосферный воздух;
- работа топki в качестве калорифера на использовании подогретого воздуха повышает затраты по топливу на 50 %.

Производительность сушилки при снижении влажности зерна (пшеницы) на 6% составляет 16 т/ч при удельном расходе условного топлива 12,2 кг/т и электроэнергии 3,8 кВт·ч/т. Габаритные размеры 10500×11100×12500 мм, масса 14000 кг.

К барабанным относятся горизонтальные цилиндрические сушилки с вращающимся или неподвижным корпусом. В первом случае вместе с барабаном вращается внутренняя насадка, обеспечивающая перемешивание материала, во втором – специальное перемешивающее устройство. По способу подвода теплоты барабанные сушилки делят на конвективные (прямого действия), контактные (непрямого действия) и комбинированные (смешанного действия).

Внутри корпуса устанавливают различные насадки и другие внутренние устройства, способствующие равномерному распределению по сечению материала и интенсивному перемешиванию его в процессе сушки. Вид насадки соответствует свойствам высушиваемого материала: винтовые распределительные; подъемно-лопастные, лопастные секторные, секторные (перевалочные); самоочищающиеся.

Барабанная зерносушилка СЗСБ-8 используется стационарно для сушки зерновых и масличных культур любой влажности и засоренности. Зерносушилки этого типа используются для сушки мелких партий зерна, а также для сушки семян подсолнечника на маслоэкстракционных заводах.

Рабочим органом таких сушилок является барабан, внутри которого размещены насадки или продольные лопасти. Барабан имеет не-

большой наклон в сторону перемещения зерна и вращается с частотой $2 \dots 6 \text{ мин}^{-1}$. При вращении барабана с помощью насадок и лопастей зерно с их помощью поднимается, а затем с них скатывается. В процессе падения обрабатываемый продукт обдувается теплоносителем. При вращении барабана зерно перемещается к противоположному его концу и высушивается. Эти зерносушилки, как правило, не требуют монтажа и могут быть установлены на площадках. К их недостаткам можно отнести то, что они металлоемки, малопроизводительны и отличаются повышенным расходом топлива.

Зерносушилка СЗСБ-8 комплектуется топкой, загрузочной камерой, сушильным барабаном, разгрузочной камерой, охлаждающей колонкой и нориями.

Топка имеет цилиндрическую форму, выполнена из металла и работает на жидком топливе.

Загрузочная камера предназначена для ввода в барабан сушилки теплоносителя и зерна. В нижней части камеры размещен клапан для вывода излишков зерна.

Сушильный барабан состоит из шести секций, внутри барабана имеются лопасти для подъема зерна. Ввод зерна в барабан осуществляется шестью винтовыми дорожками; при помощи аналогичных дорожек производится вывод зерна. Барабан двумя бандажами опирается на ролики, посредством которых осуществляется его привод.

Разгрузочная камера предназначена для вывода отработанного теплоносителя в атмосферу и выгрузки просушенного зерна. В верхней части камеры смонтирован вентилятор для подачи теплоносителя из топки в барабан и его вывода после выполнения технологического процесса. Выгрузка зерна осуществляется шлюзовым затвором.

Зерно охлаждается в вертикальной охлаждающей колонке, состоящей из двух перфорированных цилиндров разного диаметра, вставленных один в другой. Пространство между цилиндрами заполняется зерном.

Продувка зерна осуществляется путем всасывания атмосферного воздуха через перфорацию внешнего цилиндра вентилятором, смонтированным в верхней части колонки. Выпуск зерна из колонки производится при помощи шлюзового затвора. Охлаждающая колонка имеет периодический принцип работы.

Барабан сушилки обслуживает вентилятор ЦЧ-70 №7, а охлаждающую колонку-вентилятор ЦЧ-70 №6. Привод барабана осуществлен электродвигателем мощностью 7,5 кВт через редуктор РМ-350.

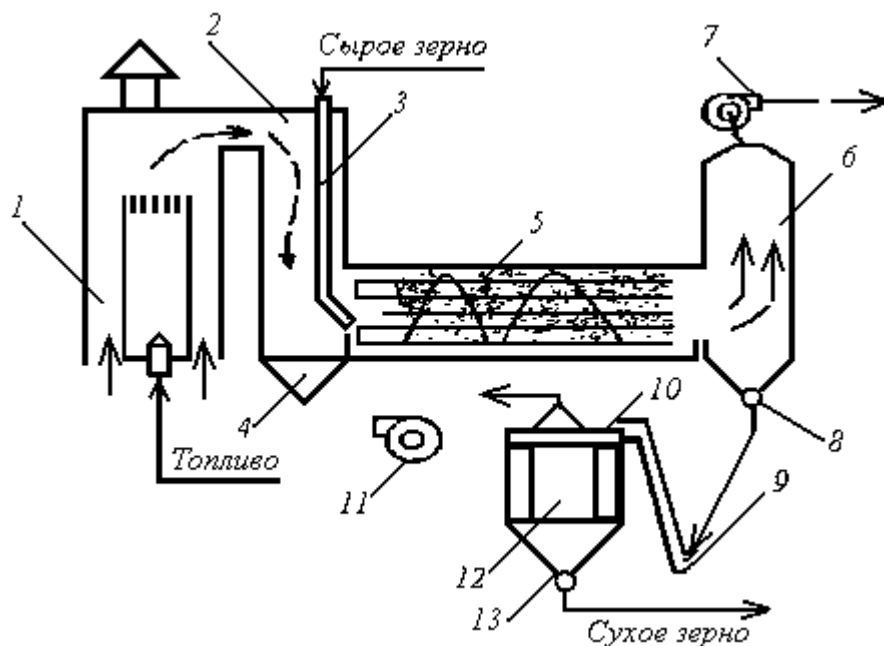


Рисунок 5.5 – Технологическая схема сушилки СЗСБ-8:

1 – топка; 2 – загрузочная камера; 3 – самотек ввода сырого зерна; 4 – грузовой клапан; 5 – барабан; 6 – разгрузочная камера; 7, 11 – вентиляторы; 8, 13 – шлюзовой затвор; 9 – нория; 10 – шнек; 12 – охлаждающая колонка

Принцип работы сушилки заключается в следующем (рисунок 5.5).

Сырое зерно норией (на схеме не показана) вводится через загрузочную камеру 2 по самотеку 3 в сушильный барабан 5. Лопатки и крестовины барабана поднимают зерно вверх, затем оно сыпается вниз. Этот процесс повторяется многократно с постепенным перемещением зерна вдоль барабана. Зерно нагревается кондуктивно на лопатках, а при его падении нагревается и высушивается конвективно теплоносителем, подаваемым вентилятором 7. Зерносушилка работает на всасывание теплоносителя. После барабана 5 обрабатываемый продукт попадает в разгрузочную камеру 6, откуда шлюзовым затвором непрерывно выводится из камеры и норией 9 направляется на шнек 10, который загружает зерно в охлаждающую колонку 12. Воздух через перфорацию внешнего цилиндра поступает в зерно и через перфорацию внутреннего цилиндра вентилятором 11 выбрасывается в атмосферу. Зерно из охлаждающей колонки выпускается порциями. При достижении верхнего уровня зерна в колонке автоматически включается шлюзовой затвор 13, который выпускает зерно, при достижении минимального уровня зерна шлюзовой затвор выключается, и выпуск зерна прекращается.

Производительность сушилки при снижении влажности зерна (пшеницы) с 20 до 14% составляет 8 т/ч при расходе условного топлива 65 кг/ч. Мощность привода 31,6 кВт, габаритные размеры 10260×7070×8300 мм, масса 9000 кг.

Зерносушилка СЗПБ 2,5 выполнена в передвижном варианте. Она состоит из топki на жидком топливе, подводящей камеры, сушильного барабана, отводящей камеры, охладительного барабана. Отличительной особенностью сушилki является наличие двух барабанов. В одном барабане зерно высушивается, в другом – охлаждается.

Сушильный барабан диаметром 1000 и длиной 5000 мм опирается на четыре пары роликов, из которых две пары являются приводными и покрыты резиной. Барабан вращается с частотой 10 мин⁻¹.

Охладительный барабан диаметром 550 мм и длиной 2300 мм вращается с частотой скоростью 27 мин⁻¹.

Технологический процесс этой зерносушилki аналогичен зерносушилki СЗСБ-8 с той лишь разницей, что охлаждение зерна после сушки осуществляется не в охладительной колонке, а в барабане. Зерно в данной сушилке после сушильного барабана шнеком подается в охладительный барабан. Выпуск сухого зерна и зерна после охлаждения осуществляется шлюзовыми затворами. Охлажденное сухое зерно шнеком транспортируется от зерносушилki на дальнейшую переработку или хранение.

Производительность сушилki при снижении влажности зерна (пшеницы) с 20 до 14% составляет 2,5 т/ч при удельном расходе условного топлива 12 кг/т и электроэнергии 3,24 кВт·ч/т. Габаритные размеры 8470×7600×2650 мм, масса 4000 кг.

5.2 Расчет барабанных зерносушилок

Для расчета процессов сушки удобнее перевести относительную влажность W , % материала в абсолютное влагосодержание U , кг/кг,

$$U_o = W_o / (100 - W_o), \quad (5.1)$$

где W_o – начальная влажность продукта, %;

$$U_k = W_k / (100 - W_k), \quad (5.2)$$

где W_k – конечная влажность продукта, %.

Производительность сушилki (кг/ч) рассчитывают по формулам по абсолютно сухому продукту

$$G_{a.c.п.} = G_{г.п.} / (1 + U_k), \quad (5.3)$$

где $G_{г.п.}$ – производительность сушилki по готовому продукту (приводится в задании).

По испаряемой влаге

$$W = G_{a.c.п.} \cdot (U_o - U_k), \quad (5.4)$$

По исходному продукту

$$G_{и.п.} = G_{г.п.} + W, \quad (5.5)$$

Унос материала из сушилki с отработанным воздухом, кг/ч

$$G_{ун} = k_{ун} \cdot G_{м.к.}, \quad (5.6)$$

где $k_{ун}$ – коэффициент уноса высушенного материала из барабана (приложение 5.1), %.

Рабочий объем барабана $V_б$ (м³) рассчитывают по формуле

$$V_б = W / A, \quad (5.7)$$

где A – напряжение рабочего объема барабана по испаренной влаге, кг/(м³·ч) (приложение 5.2).

Поперечное сечение барабана $S_б$, м² определяется по формуле

$$S_б = V_б / (1 - \beta) \cdot v, \quad (5.8)$$

где β – коэффициент заполнения барабанной сушилki, зависящий от конструкции насадки, $\beta = 0,15 \dots 0,35$;

v – максимально допустимая скорость газов в аппарате, зависящая от насыпной плотности материала, м/с (приложение 5.3).

Длина барабана $l_б$ (м) определяется по формуле

$$l_б = V_б / S_б. \quad (5.9)$$

Диаметр барабана D_6 (м) вычисляется по формуле

$$D_6 = \sqrt{4S_6 / \pi}. \quad (5.10)$$

Влагосодержание воздуха, поступающего в калорифер $X_{\text{вх}}$ (кг/кг) определяется из выражения

$$X_{\text{ex}} = 0,622 \varphi_{\text{ex}} p_n / (P - \varphi_{\text{ex}} p_n), \quad (5.11)$$

где φ_{ex} – относительная влажность наружного воздуха ($\varphi_{\text{вх}} = 0,60 \dots 0,85$);

P – барометрическое давление воздуха, Па ($P = 99,5$ кПа);

p_n – давление насыщенного водяного пара (Па), при температуре наружного воздуха $t_{\text{ex}} = 18 \dots 13^\circ\text{C}$ (приложение 5.4).

Энтальпия наружного воздуха I_{ex} , кДж/кг вычисляется по формуле

$$I_{\text{ex}} = c_r t_{\text{ex}} + (r_o + c_n t_{\text{ex}}) X_{\text{ex}}, \quad (5.12)$$

где c_r – удельная теплоемкость наружного воздуха, кДж/(кг·К), $c_r = 1,006$ кДж/(кг·К);

$t_{\text{вх}} = 18 \dots 23^\circ\text{C}$ – температура наружного воздуха;

r_o – удельная теплота парообразования при 0°C , кДж/кг ($r_o = 2495$ кДж/кг);

c_n – удельная теплоемкость пара, кДж/(кг·К) [$c_n = 1,965$ кДж/(кг·К)].

Учитывая, что $X_o = X_{\text{вх}}$, энтальпию нагретого воздуха на входе в сушилку (кДж/кг) находят по формуле

$$I_o = c_r t_o + (r_o + c_n t_o) X_o. \quad (5.13)$$

Удельный расход теплоты на нагрев высушиваемого материала (кДж/кг) равен

$$q_m = (c_m + c_{\text{ж}} U_k) (\theta_k - \theta_o) / (U_o - U_k), \quad (5.14)$$

где c_m – удельная теплоемкость продукта, кДж/(кг·К);

$c_{\text{ж}}$ – удельная теплоемкость воды, $c_{\text{ж}} = 4,187$ кДж/(кг·К);

θ_o и θ_k – начальная и конечная температура продукта, °С.

Удельный расход теплоты на компенсацию энергии связи влаги с материалом (кДж/кг) определяется из выражения,

$$\bar{q}_c = (a/2)(U_o - U_k), \quad (5.15)$$

где $a=4200$ кДж/кг – постоянная величина.

Удельные тепловые потери q_{nm} обычно принимаются равными 10% от q_m :

$$q_{nm} = 0,1 \cdot q_m. \quad (5.16)$$

Тогда изменение потенциала воздуха относительно испарившейся влаги, кДж/кг равно

$$\Delta = c_{ж} \theta_o - (q_m + \bar{q}_c + q_{nm}). \quad (5.17)$$

Энтальпия пара при конечной температуре t_k , кДж/кг,

$$I_{n.k.} = r_o + c_n t_{k..} \quad (5.18)$$

Конечная энтальпия влажного воздуха, кДж/кг,

$$I_k = [c_r t_k \Delta + I_{n.k.}(X_o \Delta - I_o)] / (\Delta - I_{n.k.}). \quad (5.19)$$

Конечное влагосодержание воздуха, кг/кг,

$$X_k = (I_k - I_o) / \Delta + X_o. \quad (5.20)$$

Тогда

$$\Delta X = X_k - X_o. \quad (5.21)$$

Расход теплоты в калорифере, кДж/кг, определяется по формуле

$$Q_{кл} = q_u W = [(I_o - I_{вх}) / (X_k - X_o)] W. \quad (5.22)$$

Расход воздуха, кг/ч, равен

$$L = W/\Delta X. \quad (5.23)$$

Время сушки продукта $\tau_{\text{суш}}$ (мин) в аппарате с вращающимся барабаном определяется из выражения

$$\tau_{\text{суш}} = 120\beta \rho_{\text{нс}} (w_o - w_k) / \{A[200 - (w_o - w_k)]\},$$

где $\rho_{\text{нс}}$ – насыпная плотность продукта, кг/м³.

Объем продукта, находящегося в барабане (м³), рассчитывают по формуле

$$V_n^* = \tau_{\text{суш}}(G_{\text{уп}} + G_{\text{зн}} + G_{\text{ун}})/120 \rho_{\text{нс}}. \quad (5.24)$$

В общем случае время пребывания сыпучего продукта в барабане τ (мин), можно определить из выражения

$$\tau = V_n^* / V_n = 2 V_n^* \rho_{\text{нс}} / (G_{\text{уп}} + G_{\text{зн}} + G_{\text{ун}}), \quad (5.25)$$

тогда коэффициент заполнения барабана продуктом β_m рассчитывается как

$$\beta = V_n^* / V_b. \quad (5.26)$$

Частота вращения барабана n (мин⁻¹) с подъемно-лопастной и комбинированной насадкой определяется из выражения

$$n = m k l_{\phi} / (\tau D_{\phi} \text{tg} \alpha), \quad (5.27)$$

где m, k – коэффициенты, зависящие от типа насадки и направления движения теплоносителя (при подъемно-лопастной насадке $m=0,6, k \geq 0,2$ (прямоток), $k=0,5$ (противоток); при секторной и лопастной секторной насадке $m=0,75 \dots 1,0, k \geq 0,7$ (прямоток), $k \leq 2,0$ (противоток);

τ – время пребывания продукта в барабане, мин;

α – угол наклона барабана ($\alpha = 3,5^\circ$).

Задание: Выполнить расчет прямоточной барабанной сушилки, если заданы:

- производительность зерносушилки по готовому продукту $G_{\text{г.п.}}$, кг/ч;

- вид высушиваемого продукта;
- температура продукта, °С: начальная θ_o , конечная θ_k ;
- температура теплоносителя, °С: начальная t_o , конечная t_k ;
- температура наружного воздуха $t_{вх} = 18...23^{\circ}\text{C}$;
- вид насадки.

Контрольные вопросы: Каково устройство и принцип действия шахтных сушилок? Каково устройство и принцип действия барабанных сушилок? Как регулируется производительность выпускного устройства в зерносушилке А1-ДСП-50? Какова температура сушки в зерносушилке А1-ДСП-50? Каковы параметры сушки зерна в зерносушилке А1-УЗМ? Как классифицируются барабанные сушилки? Назовите основные недостатки и преимущества барабанных сушилок. Каковы основные направления повышения тепловой эффективности барабанных сушилок? С какой целью в барабанных сушилках применяют насадки? Какие виды насадок используются в барабанных сушилках?

6 СООРУЖЕНИЯ И ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ХОЛОДИЛЬНОЙ ОБРАБОТКИ И ХРАНЕНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ПРОДУКЦИИ

6.1 Классификация холодильников

Холодильниками называют сооружения для охлаждения, замораживания и хранения сырья и готовой продукции. По назначению холодильники подразделяются на производственные, заготовительные, распределительные и транспортно-экспедиционные.

Производственные холодильники необходимы для охлаждения, замораживания и кратковременного хранения сырья и готовой продукции. Многие производственные холодильники при мясо-, птицекомбинатах, маслодельных заводах оснащены мощными охлаждающими и морозильными установками, но имеют небольшую емкость камер хранения. Продукция этих комбинатов в основном транспортируется в районы потребления. Наиболее распространенными являются производственные холодильники емкостью 500...5000 т и производительностью холодильных установок 20...100 т в сутки. Данные холодильные установки имеют большую мощность, так как они обеспечивают холодом не только камеры охлаждения, замораживания и хранения, но и другие производственные процессы.

Заготовительные холодильники сооружают в районах заготовок продуктов (молока, яиц, фруктов) для первоначальной термической обработки и краткосрочного хранения их до отправки в районы потребления.

Распределительные холодильники предназначены для хранения сезонных и текущих запасов пищевых продуктов, поступающих из производственных и заготовительных холодильников. Их сооружают в промышленных центрах для планомерного снабжения населения широким ассортиментом продуктов в течение всего года. Распределительные холодильники сооружают емкостью 500...35000 т. При холодильниках часто устраивают льдозаводы, фабрики мороженого, цеха для замораживания фруктов и овощей, а также для расфасовки продуктов. Такие холодильники называют хладокомбинатами. Для непродолжительного хранения продуктов в процессе реализации применяют торговые холодильники: базовые емкостью 100...300 т (при продовольственных базах) и мелкие торговые холодильники (непосредственно на предприятиях общественного питания и в про-

довольственных магазинах). В целях сохранения высокого качества продуктов при транспортировании на малые и большие расстояния применяют холодильный транспорт.

Транспортно-экспедиционные холодильники необходимы для связи водного хладотранспорта с железнодорожным и автомобильным. Холодильники этого типа (например, портовые) нередко выполняют функции распределительных, а также производственных холодильников.

6.2 Объемно-планировочные решения холодильников

Холодильники – это одноэтажные или многоэтажные здания, представляющие собой железобетонный каркас (включающий межэтажные перекрытия, покрытие и колонны) и наружные самонесущие стены.

Нагрузка от продуктов и железобетонных перекрытий многоэтажного холодильника полностью воспринимается колоннами и через фундаменты передается па грунт. В одноэтажном холодильнике основная нагрузка (от продуктов) непосредственно распределяется на грунт, на колонны же приходится только сравнительно небольшая нагрузка – от верхнего покрытия и от мясопродуктов, охлаждаемых и замораживаемых на подвесных путях. Стены холодильника, кроме собственного веса, никакой дополнительной нагрузки не воспринимают. Для уменьшения притока тепла и влаги из внешней среды внутрь здания все ограждения холодильника имеют непрерывную по всей поверхности термо- и пароизоляцию. При сооружении железобетонных каркаса и ограждений широко используют сборные железобетонные конструкции, унифицированные изделия и местные строительные материалы.

При планировке холодильника важно предусмотреть удобное расположение холодильных камер, грузовых лифтов, вестибюлей, коридоров, платформ с целью создания технологического потока и удобства выполнения грузовых работ. Для уменьшения расхода холода камеры располагают таким образом, чтобы разность температур между ними была как можно меньше. Кроме основных холодильных камер (охлаждения, замораживания и хранения) предусматриваются вспомогательные – сортировочная, экспедиция, краткосрочного хра-

нения дефектных грузов и другие в зависимости от типа холодильника. Холодильник планируют в соответствии с сеткой колонн (для многоэтажных холодильников – 6×6 м, для одноэтажных – 6×12 м). Вестибюли, лестничные клетки, грузовые лифты объединяют в один неохлаждаемый блок, расположение которого зависит от общей планировки холодильника.

Для выполнения грузовых операций устраивают вдоль холодильника железнодорожную и автомобильную платформы. В последнее время начали применять охлаждаемые платформы, закрытые со всех сторон, с температурой воздуха около 10°C . Платформы и первый этаж холодильника оборудуют подвесными путями.

Крупные распределительные холодильники емкостью свыше 10000 т строят многоэтажными (5...7 этажей); высота этажей – от 3,1 до 4,5 м. Достоинства многоэтажных холодильников заключаются в значительном сокращении площади застройки; уменьшении наружных теплопритоков (на 30...40 %) вследствие уменьшения поверхности здания; снижении потерь продукта из-за усушки; устранении опасности промерзания грунтов (на нижнем этаже размещаются продукты, не требующие отрицательных температур).

Одноэтажные холодильники имеют свои достоинства. В них при высоте 7,0...7,5 м возможна большая нагрузка на грунт – до 4000 кг/м^2 (вместо предельно допустимой нагрузки 2000 кг/м^2 на перекрытие многоэтажного холодильника); строительные конструкции одноэтажных холодильников легче, проще и дешевле, строятся они в 2...3 раза быстрее; более крупная сетка колонн и возможность сооружения холодильников шириной до 30 м без колонн позволяют применять крупногабаритные механизмы для комплексной механизации грузовых работ; имеется удобный фронт загрузки и разгрузки вагонов благодаря большой длине холодильника; отсутствуют лифты, лестничные клетки, коэффициент использования площади – более высокий. Для уменьшения теплопритоков и усушки продуктов в одноэтажных холодильниках применяют усиленную тепловую изоляцию.

Распределительные холодильники емкостью до 10000 т строят преимущественно одноэтажными. Камеры в холодильнике располагают в трех отсеках. Для обеспечения грузового потока между камерами и платформами предусмотрены два коридора.

Планировка производственных холодильников зависит от типа предприятия и расположения других цехов, связанных с холодильником в технологическом процессе. Холодильники мясокомбинатов мо-

гут иметь 5...7 этажей. Этажность и планировка должны гармонировать с расположением мясо-жирового, колбасного и других цехов.

Разработаны типовые проекты мясокомбинатов с одно- и четырехэтажными холодильниками. При одноэтажном мясокомбинате производительностью до 20 т мяса и 3 т колбасных изделий в смену запроектирован одноэтажный холодильник емкостью 1000 т. В холодильнике камеры охлаждения, замораживания и холодильного хранения расположены в соответствии с направлением основного потока продуктов. В камерах поддерживают пониженные температуры: для хранения – от 0 до -23°C , в морозилках – до -40°C .

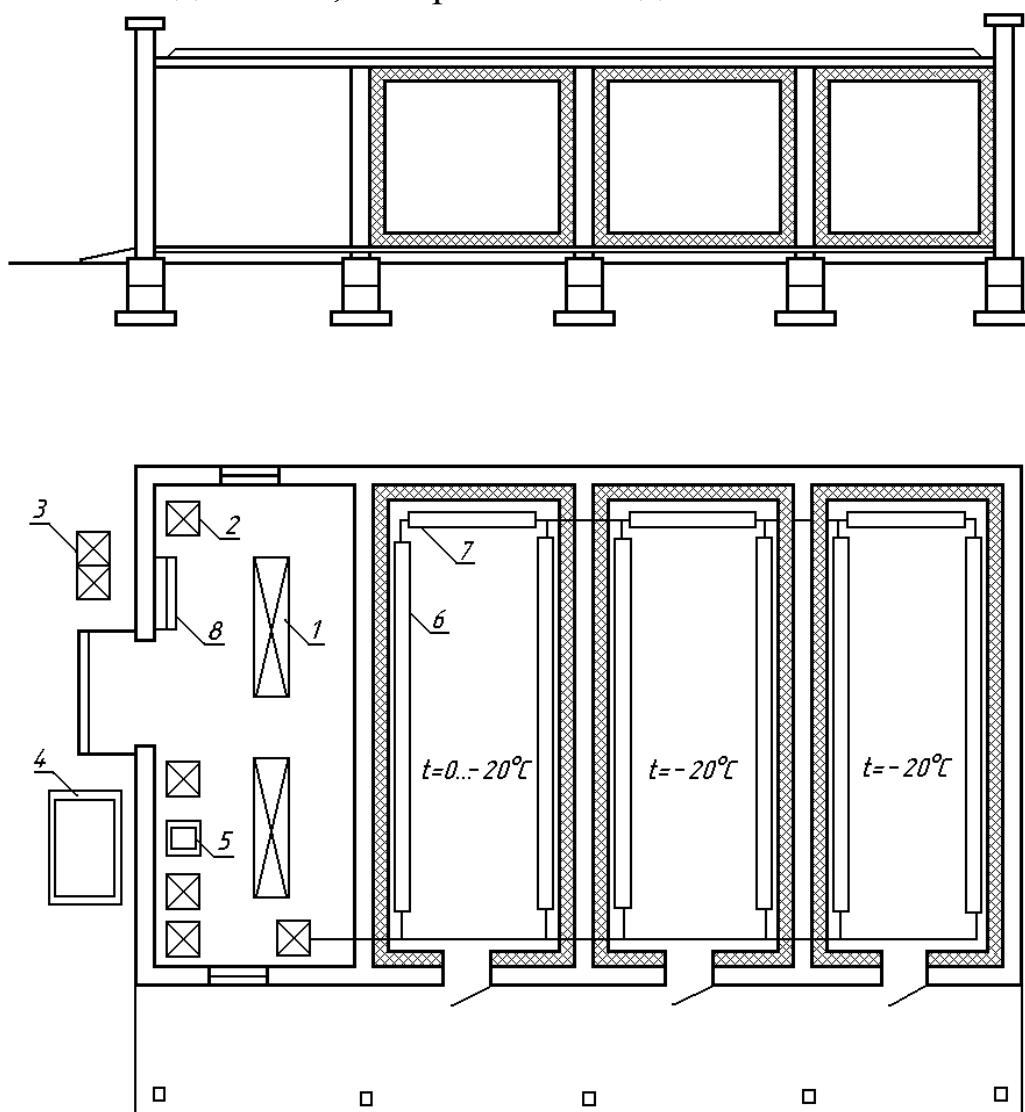


Рисунок 6.1 – Холодильник распределительный вместимостью 50 т:

- 1 – холодильная машина; 2 – насос центробежный; 3 – градирня;
4 – бак для рассола; 5 – бак для воды; 6 – батарея рассольная с поверхностью охлаждения 20 м^2 ; 7 – батарея рассольная с поверхностью охлаждения 9 м^2 ; 8 – щит управления

Широко распространены холодильники емкостью 50...100 т, предназначенные для небольших населенных пунктов, торговых баз, сельскохозяйственных предприятий (рисунок 6.1).

Холодильник на 50 т имеет камеру хранения замороженных грузов, камеру с универсальным температурным режимом (от 0 до -12°C) и камеру подмораживания с температурой от -12 до -15°C.

В арочном холодильнике роль несущих конструкций выполняют охлаждающие батареи, имеющие форму арок. Стоимость сооружения таких холодильников значительно ниже, чем холодильников с железобетонным каркасом.

Обычно в холодильниках выполняется достаточно большой объем погрузочно-разгрузочных работ, а также перемещение грузов внутри холодильника. Для механизации этих работ в холодильниках применяются малогабаритные аккумуляторные электропогрузчики, штабелеукладчики, электротележки и другие механизмы.

Пакетирование грузов является основным условием применения комплексной механизации. Грузы, предназначенные для выдачи, подготавливают пакетами в экспедициях. Поступающие в изотермических вагонах непакетированные грузы пакетируют на поддонах одновременно с выгрузкой, применяя дополнительные механизмы. Для подъема грузов на верхние этажи используют лифты. В одноэтажных холодильниках грузовые операции проще, так как в них грузы перемещают только по горизонтали.

Эффективность процесса холодильной обработки и хранения пищевой продукции в большей степени зависят от термического сопротивления изоляционных конструкций, уровня температуры в камере и точности ее поддержания, способа циркуляции воздуха, объема и величины загрузки холодильных камер.

Холодильники из легких металлических конструкций (ЛМК), а также технологические аппараты специального назначения обеспечивают интенсификацию процессов холодильной обработки пищевой продукции.

Для сельскохозяйственных предприятий отечественной промышленностью выпускается термосклад АТТ-120, предназначенный для хранения пищевых продуктов (мяса, фруктов, овощей и т.п.) в диапазоне температур от +10 до -25°C.

Конструкция термосклада АТТ-120 (рисунок 6.2), основана на модульных элементах. Комплектуется морозильной камерой, позволяющей в течение 3,0...3,5 ч при температуре -35°C производить бы-

строе замораживание продуктов. Оборудован автономными холодильными установками «Thermo King» (США), автоматически обеспечивающими любую температуру в указанном диапазоне. Каркас представляет собой облегченные металлические конструкции из гнутого профиля, окрашенные эмалью, кровля – профилированный стальной оцинкованный лист по металлическим прогонам, ограждающие конструкции – теплоизоляционные пенополиуретановые панели типа «сэндвич», полы – панели типа «сэндвич», уложенные на пустотные железобетонные плиты. Вместимость термосклада составляет 120 м^3 , морозильной камеры – 25 м^3 .

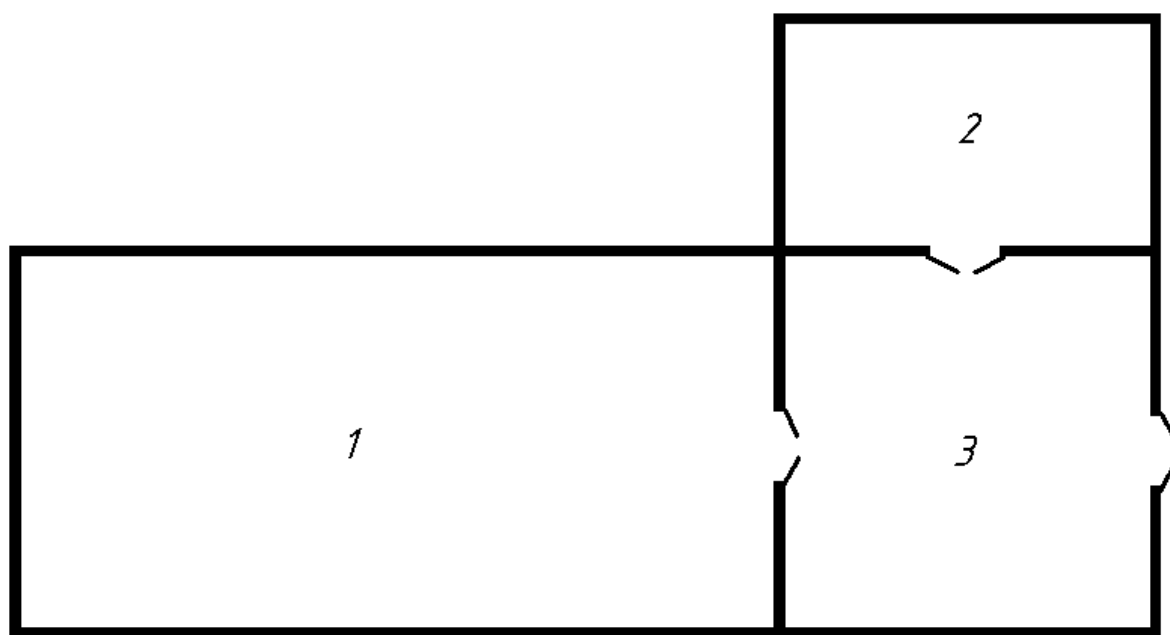


Рисунок 6.2 – Термосклад АТТ-120:

1 – холодильная камера; 2 – морозильная камера; 3 – тамбур-шлюз

Для хранения сельскохозяйственной продукции в сельской местности, небольших поселках городского типа возможно применение холодильника в блок-контейнерном исполнении вместимостью 2,5 т (рисунок 6.3). В его состав входят машинное отделение с мастерской, приемная-весовая ($t=0^{\circ}\text{C}$), камера хранения с подвесными путями ($t=-3^{\circ}\text{C}$). Используемая холодильная машина 5MBV6-1-2 работает в автоматическом режиме на хладоне R12 и безопасна в обслуживании. Воздухоохладители оттаивают автоматически. Конденсаторы охлаждаются воздухом.

Кроме основных помещений, в которых происходят охлаждение, замораживание, хранение и т.д. в состав холодильника входит ма-

шинное отделение, состоящее из компрессорного зала, аппаратного отделения, трансформаторной подстанции, вспомогательных и бытовых помещений.

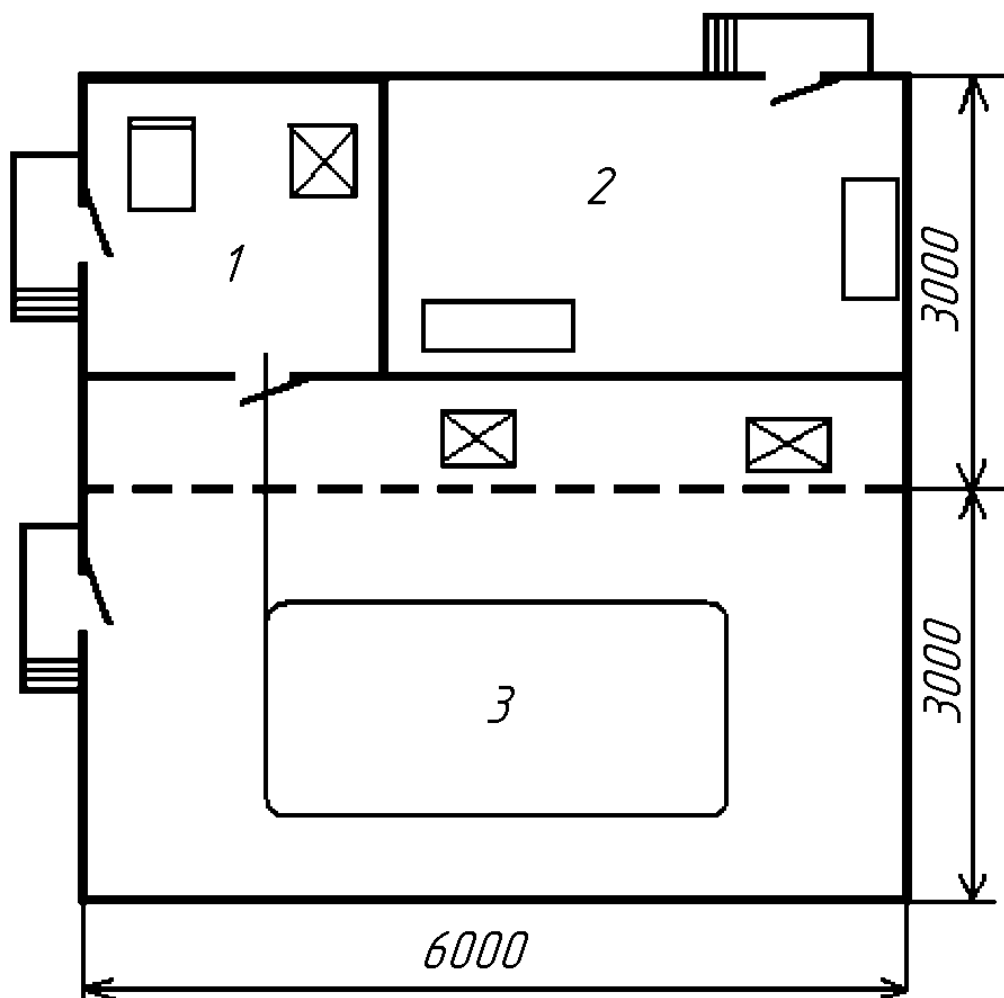


Рисунок 6.3 – План расположения помещения холодильника вместимостью 2,5 т:

1 – машинное отделение с мастерской; 2 – приемная-весовая;
3 – камера хранения с подвесными путями

Машинное отделение проектируют после выбора основных элементов холодильного оборудования – компрессоров с электродвигателями, конденсаторов, испарителей, насосов для воды и рассола и вспомогательной аппаратуры. Машинное отделение часто располагают в пристройке к корпусу холодильника.

Одна из продольных стен машинного отделения примыкает непосредственно к холодильнику, сбоку размещают трансформаторную подстанцию, а противоположную сторону оставляют для расширения или расположения подсобных помещений. Такая планировка обеспечивает хорошую освещенность машинного отделения. Для использо-

вания стандартных строительных элементов ширину машинных отделений, располагаемых в пристройках, принимают до 12 м кратной 6, а сверх этого – кратной 3. При определении высоты машинного отделения (не менее 4 м) учитывают высоту самих машин, возможность монтажа и ремонта оборудования, а также размещения подъемных механизмов, облегчающих выполнение монтажных и ремонтных работ (краны-балки, мостовые краны и т. п.).

В компрессорном зале размещают холодильные компрессоры с электродвигателями, промежуточные сосуды, иногда отделители жидкости (в зависимости от схемы установки), регулиющую станцию, электрощит, приборы автоматики.

Аппаратное помещение холодильников с подвалом располагается под компрессорным залом для самотечного слива аммиака из системы. В нем устанавливают теплообменные аппараты, ресиверы, насосы и вспомогательное оборудование. Высота помещения должна быть не менее 3 м. В небольших машинных отделениях все холодильное оборудование размещают в одном помещении. Для аппаратов, если необходимо, устраивают приямки.

При ограниченной площади строительного участка машинное отделение включают в контур первого этажа основного здания. При включении машинного отделения в контур холодильника уменьшается длина коммуникаций; одновременно сокращается полезная площадь первого этажа холодильника, несколько осложняются строительные конструкции здания вследствие расположения отапливаемых помещений в холодном контуре.

Устройство машинного отделения и размещение оборудования в нем осуществляют в соответствии с правилами по технике безопасности на холодильных установках. В целях уменьшения капитальных затрат на строительство оборудование машинного отделения необходимо располагать компактнее. Оснащение желательно размещать по ходу хладагента (или рассола, воды, пара), как предусмотрено схемой. В таком случае длина соединительных трубопроводов получается минимальной.

Для удобства обслуживания регулирующая станция, а также машины и аппараты, требующие наблюдения, должны быть установлены в наиболее освещенных местах. Общий фронт обслуживания компрессоров должен быть как можно меньшим. Важно предусмотреть удобства в отношении ремонта оборудования, замены отдельных частей, очистки теплообменной поверхности аппаратов. Для бес-

крейцкопфных компрессоров нужно оставлять место для выемки вала из картера. Промежуточные сосуды (в некоторых установках и отделители жидкости) размещают у стен или простенков между окнами. При этом должен быть обеспечен доступ к запорной арматуре и приборам автоматики. Горизонтальные кожухотрубные аппараты (конденсаторы, испарители) и ресиверы можно закреплять один над другим на металлических или железобетонных опорах. Кожухотрубные вертикальные конденсаторы размещают вне машинного отделения – постаменте. Возле него устанавливают линейный ресивер, маслоотделитель и маслосборник.

Разводка трубопроводов может быть верхняя или нижняя. Для небольших установок более целесообразна первая. Для установок большой производительности верхняя разводка трубопроводов затрудняет применение подъемно-транспортных механизмов, используемых при монтаже и ремонте оборудования. Нижнюю разводку осуществляют путем крепления трубопроводов к потолку аппаратной, расположенной в подвале под компрессорным залом. При отсутствии подвала устраивают проходные вентилируемые тоннели под полом компрессорного зала (высотой не менее 1,9 м), где размещают магистральные трубопроводы с соответствующей арматурой для переключения компрессоров при работе на разные температуры кипения.

6.3 Оборудование холодильников

Для поддержания необходимой температуры в охлаждаемых помещениях применяется специальное холодильное оборудование, которое может располагаться как полностью внутри холодильника, так и отдельно в холодильнике и машинном отделении.

К первому типу оборудования относятся холодильные и скороморозильные установки различного конструктивного исполнения и производительности.

Холодильная установка УН-4 поддерживает в охлаждаемом помещении необходимую, по условиям хранения, температуру воздуха (+13...-18°C). Предназначена она для обеспечения холодом процессов хранения скоропортящихся продуктов питания в стационарных термоизолированных помещениях-хранилищах и в автономных кон-

тейнерах-рефрижераторах. Применяется в сельскохозяйственных предприятиях, перерабатывающих предприятиях малой мощности и т.п. Установка УН-4 состоит из двух холодильных агрегатов с независимыми контурами охлаждения и обеспечивает бесперебойную работу при остановке одного из компрессоров.

Система управления автоматически поддерживает заданный тепловой режим в охлаждаемом объеме. Установка дополнительно может комплектоваться дизельным генератором, что позволяет использовать ее в стационарном режиме при полном отсутствии электропитания и повышает надежность, исключая порчу хранящейся продукции в период аварийного отключения электропитания.

Для охлаждения и хранения пищевых продуктов, мяса, овощей и фруктов широко применяются низко- и среднетемпературные холодильные камеры различных типов.

Сборные низкотемпературные холодильные камеры КХН-1 и КХН-2 предназначены для кратковременного хранения упакованных замороженных пищевых продуктов на полках-решетках и в контейнерах. Состоят из следующих основных частей: комплекта теплоизолированных панелей (дверных, боковых, угловых, напольных, потолочных), холодильных машин, приборов автоматики и пускозащитной аппаратуры. Панели представляют собой две металлические обшивки, пространство между которыми заполнено заливочной тепловой изоляцией из пенополиуретана у КХН-1 и закладной тепловой изоляцией из пенополистирола у КХН-2. На месте монтажа камер панели соединены между собой с помощью быстродействующих замков.

Камера КХН-1 оснащена моноблочной холодильной машиной полной заводской готовности, установленной на крыше или боковой панели, КХН-2 – комплектной холодильной машиной с агрегатом, смонтированным в машинном отделении, расположенном рядом с камерой.

Машины имеют систему автоматической оттайки снеговой шубы с поверхности испарителей, а камера КХН-1 систему автоматического выпаривания конденсата. Камера КХН-1 выпускается с полками для хранения продуктов или с контейнерной загрузкой, КХН-2 – только с полками.

Холодильные низкотемпературные камеры типа КХК предназначены для кратковременного хранения предварительно охлажденных скоропортящихся пищевых продуктов. Имеют сравнительно не-

большие габариты и достаточно большой полезный объем. Сборно-разборная камера КХК-1-3,15 состоит из комплекта панелей, холодильной машины и ограждений к ней, решеток для раскладки продуктов. Одна из боковых сторон имеет панель со стеклянным ограждением, обеспечивающим обзор пищевых продуктов.

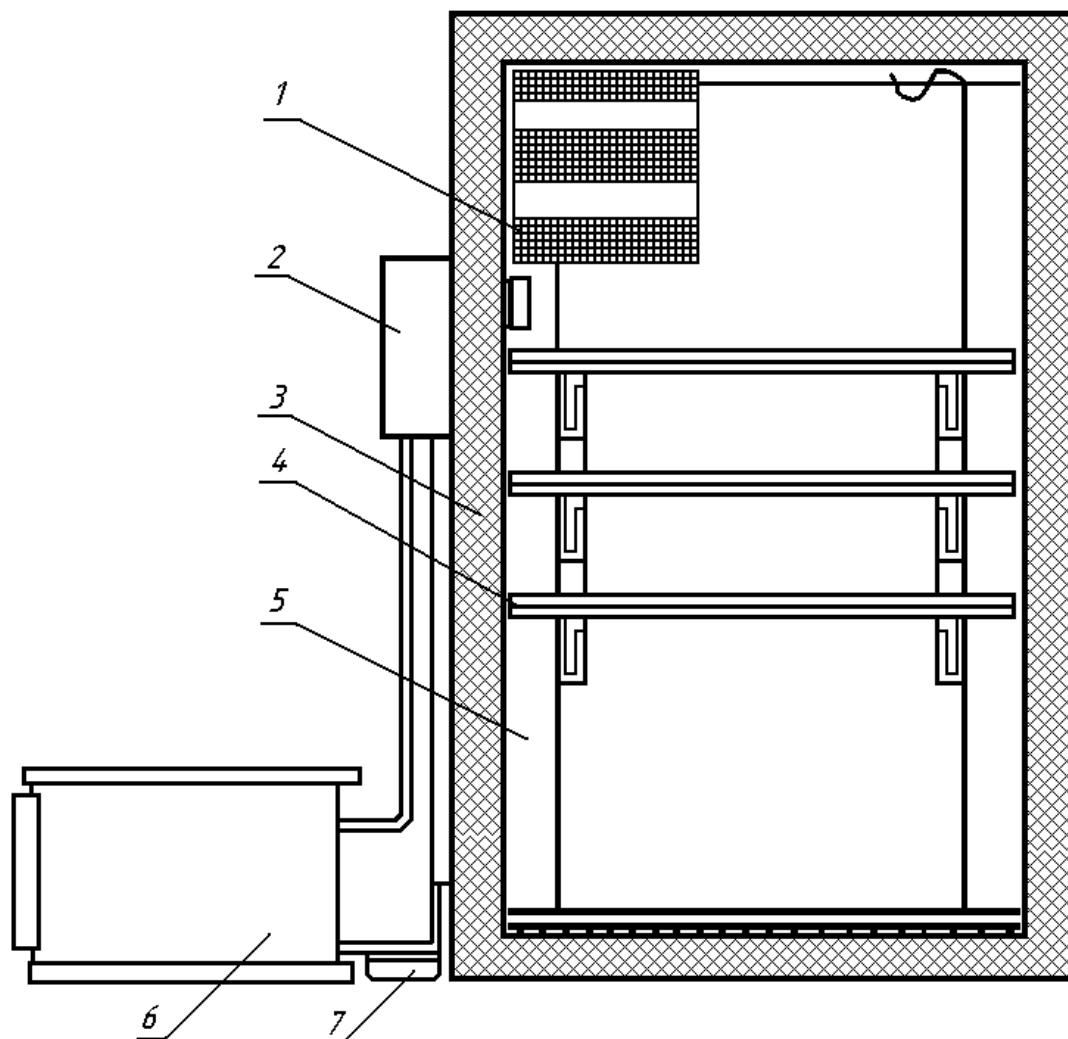


Рисунок 6.4 – Камера КХК-2-3,0:

1 – воздухоохладитель; 2 – щит питания; 3 – панель левая; 4 – полка; 5 – швеллер крепления полок; 6 – машинное отделение; 7 – поддон для сбора конденсата

Камеры КХК-1-3,15 и КХК-2-3,0 (рисунок 6.4) отличаются от остальных тем, что в них можно регулировать температуру полезного объема. Например, для хранения мяса используют камеру в низкотемпературном режиме, а затем, переключив на среднетемпературный режим, загружают овощами и фруктами.

Сборная среднетемпературная холодильная камера КХС-1 предназначена для кратковременного хранения упакованных охлажденных пищевых продуктов на полках-решетках и в контейнерах. Работа таких машин, оттаивание снеговой «шубы» с поверхности испарителей и выпаривание конденсата осуществляются в автоматическом режиме.

Аппарат Я10-АЗА-01 предназначен для замораживания россыпью ягод с плотной оболочкой, а также зеленого горошка, картофеля и овощей для гарнира. Состоит из привода, вентиляторов, лотков, воздухоохладителя, замораживающего барабана и теплоизолированной камеры. Продукт поступает через загрузочное окно по лотку, расположенному в теплоизолированной камере. На лотке он обдувается воздухом от центробежного вентилятора ВЦ 14-46-2-01 А, подсушивается, подмораживается и направляется в перфорированный барабан, вращающийся от привода вокруг своей оси, и окончательно замораживается до $-10...-12^{\circ}\text{C}$. В торцевой стене барабана имеется окно для выгрузки по лотку замороженного продукта. Производительность Я10-АЗА-01 составляет 100...150 кг/ч.

Для охлаждения, хранения и транспортировки потребителю скоропортящейся продукции широко применяются различные фургоны, контейнеры и прицепы-рефрижераторы с температурой воздуха в камерах (в зависимости от используемого холодильного агрегата) от -5 до -15°C .

Контейнер-рефрижератор РК-1М обеспечивает кратковременное хранение предварительно замороженных продуктов и их сохранность при перевозке всеми видами транспорта в течение нескольких суток при отключении электропитания за счет аккумуляторов холода. Полезный объем РК-1М составляет $1,7 \text{ м}^3$ при максимальной полезной нагрузке 1 т.

Одним из перспективных направлений в развитии холодильного транспорта является использование транспортных средств, оборудованных системами охлаждения в регулируемой газовой среде (с применением азота).

Рефрижераторный контейнер с регулируемой газовой средой (рисунок 6.5) для транспортирования и временного хранения скоропортящейся продукции обеспечивает сохранность ее питательных веществ, вкусовых качеств и товарного вида в течение длительного времени. Представляет собой теплоизолированный и герметизированный контейнер, укомплектованный холодильно-нагревательной

установкой для автоматического поддержания заданного температурного режима внутри контейнера, системами по обеспечению влажности и созданию регулируемой газовой среды (РГС) внутри контейнера, источником питания.

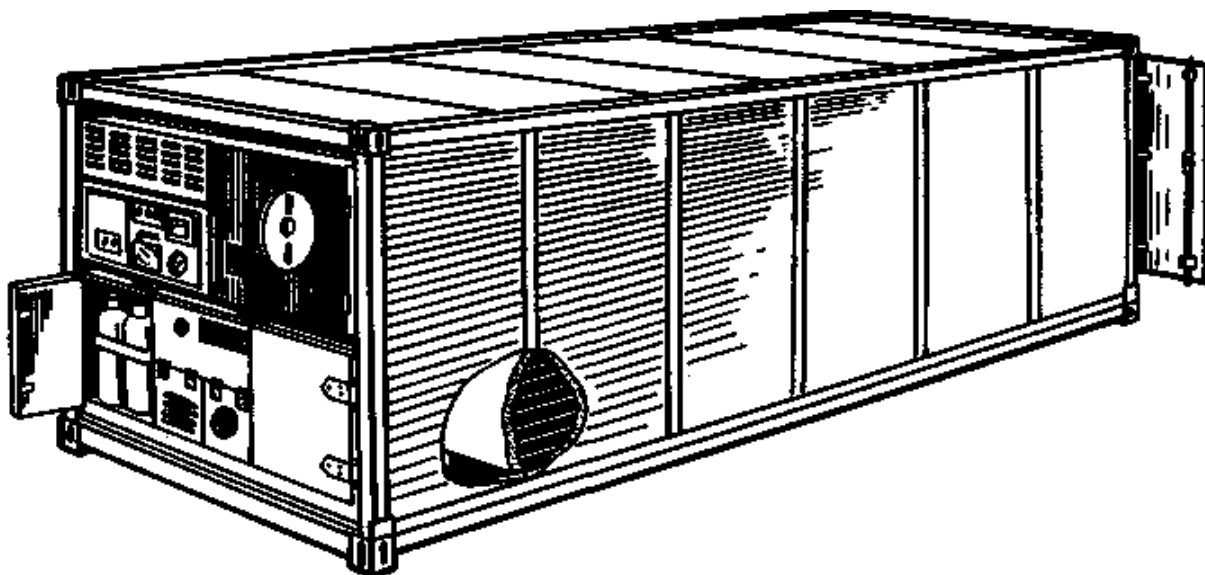


Рисунок 6.5 – Рефрижераторный контейнер с регулируемой газовой средой

Система РГС создает инертную (азотную) среду путем уменьшения процентного содержания кислорода и углекислого газа, что позволяет: значительно снизить интенсивность «дыхания» плодов и овощей и, тем самым, предупредить их преждевременное перезревание и старение; способствует длительному сохранению устойчивости к микробиологическим, физиологическим заболеваниям; снимать и сохранять урожай, достигший стадии полного созревания; увеличить срок хранения продукции в 6...8 раз по сравнению с обычными рефрижераторами. Рефрижераторный контейнер устанавливается на шасси КамАЗ-53212. Грузоподъемность контейнера составляет 7 т, а объем грузового отсека 24,2 м³.

Кроме холодильных установок для создания холода и поддержания температурного режима холодильного хранения используются холодильные машины, компрессорно-конденсаторные агрегаты с воздухоохладителями или батареями и др.

Холодильные машины МХВ6-2-4, МКВ4-1-2, МВВ4-1-2, МХВ4-1-2, МХВ6-2-4, МХВ5-1-2 поддерживают температуру в стационар-

ных и сборных холодильных камерах в диапазоне от +2 до -18°C. Например, машина МХВ6-2-4 обеспечивает поддержание температуры -18°C в камере объемом до 20 м³ и температуры +2°C в камере объемом до 40 м.

Все машины комплектуются испарительными батареями или воздухоохладителями, щитом управления, трубопроводами, комплектом монтажных частей и документацией. Работают они автоматически и обеспечивают поддержание необходимой температуры в камерах за счет пуска и остановки компрессоров. Приборами автоматической защиты осуществляется аварийное отключение компрессора при чрезмерном повышении давления нагнетания и понижении давления всасывания. Автоматическое оттаивание испарителей производится парами холодильного агента, подаваемого в испарители через соленоидный клапан по команде реле времени. Техническая характеристика холодильных машин приведена в приложении 6.10.

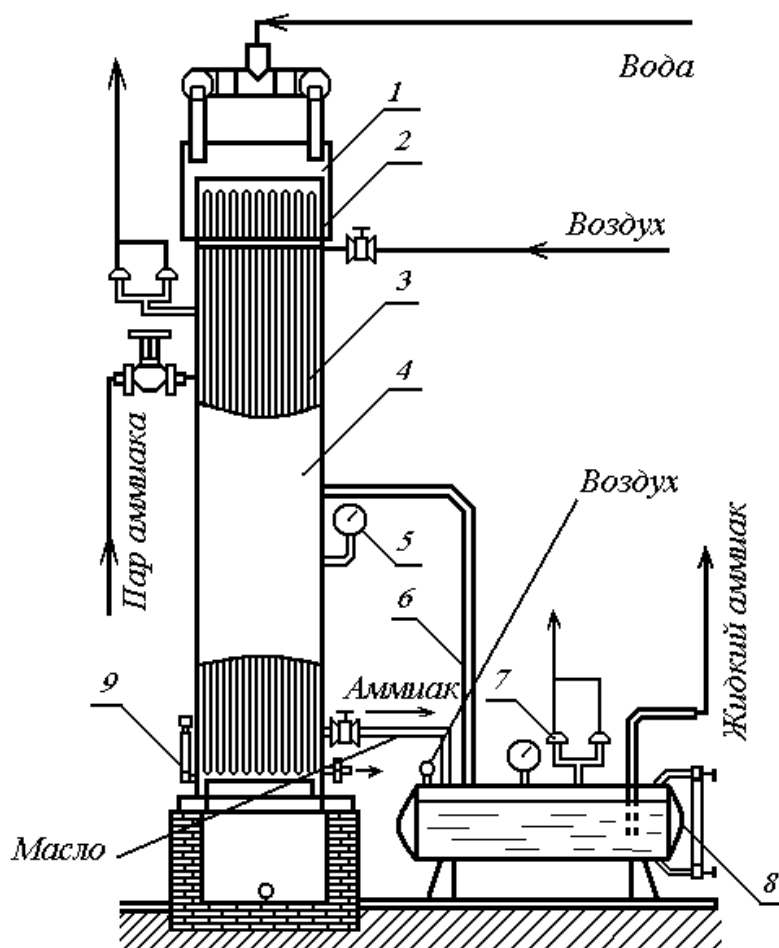


Рисунок 6.6 – Вертикальный кожухотрубный конденсатор:

- 1– водораспределительное устройство; 2 – внутренняя обечайка;
- 3 – трубы; 4 – вертикальный цилиндрический кожух; 5 – манометр;
- 6 – уравнивающая паровая трубка; 7- предохранительные клапаны;
- 8 – ресивер; 9 – указательное стекло

Для холодильных систем фруктоовощехранилищ, холодильников, мясо- и молкомбинатов, а также в сельскохозяйственных предприятиях применяются постаментные и подвесные воздухоохладители. Подвесные воздухоохладители предназначены для создания температурных режимов в камерах холодильного хранения пищевых продуктов. Эти аппараты обладают улучшенными аэродинамическими показателями. Подвесные воздухоохладители типа Я10-АВ2 состоят из испарительных батарей, вентиляторных узлов и поддонов с обогреваемыми змеевиками. Применяемый хладагент – аммиак. Циркуляция воздуха в камере обеспечивается двумя вентиляторами. Максимальная допустимая толщина инея – 4 мм. Для удаления его используются горячие пары аммиака.

Постаментный воздухоохладитель типа Я29-ФВП предназначен для охлаждения воздуха в камерах замораживания мяса с применением последовательно-спутного воздухораспределения. Состоит из блока батарей, блока вентиляторов, оросителя и поддона. Ороситель служит для интенсификации процесса оттаивания снеговой шубы с поверхности батарей за счет орошения поверхности водой, поддона для сбора и удаления талой воды. Циркуляция воздуха осуществляется двумя вентиляторами.

Для охлаждения и конденсации паров холодильного агента применяется специальный теплообменный аппарат – конденсатор. По роду охлаждающей среды различают конденсаторы с воздушным (ребристо-змеевиковые и листотрубные с принудительной и естественной циркуляцией воздуха), водяным (горизонтальные и вертикальные кожухотрубные (рисунок 6.6), кожухозмеевиковые) и водовоздушным охлаждением (оросительные (рисунок 6.7) и испарительные). Конденсаторы с водяным охлаждением имеют интенсивную теплопередачу и компактную конструкцию. Однако в условиях эксплуатации часто воздушное охлаждение конденсатора является более целесообразным (простота монтажа, эксплуатации и экономия воды).

Одним из основных элементов холодильных установок служат компрессоры различных конструкций. При обслуживании ротационных компрессоров следят за температурами всасывания и нагнетания, давлением и количеством подаваемой смазки. Из-за скопления масла в нижней части цилиндра, особенно при пуске, возможно появление стуков. Для удаления масла паром аммиака открывают всасывающий

вентиль и следят, чтобы жидкий аммиак не попал в полость цилиндра, так как асботекстолит становится хрупким и пластины могут разрушиться.

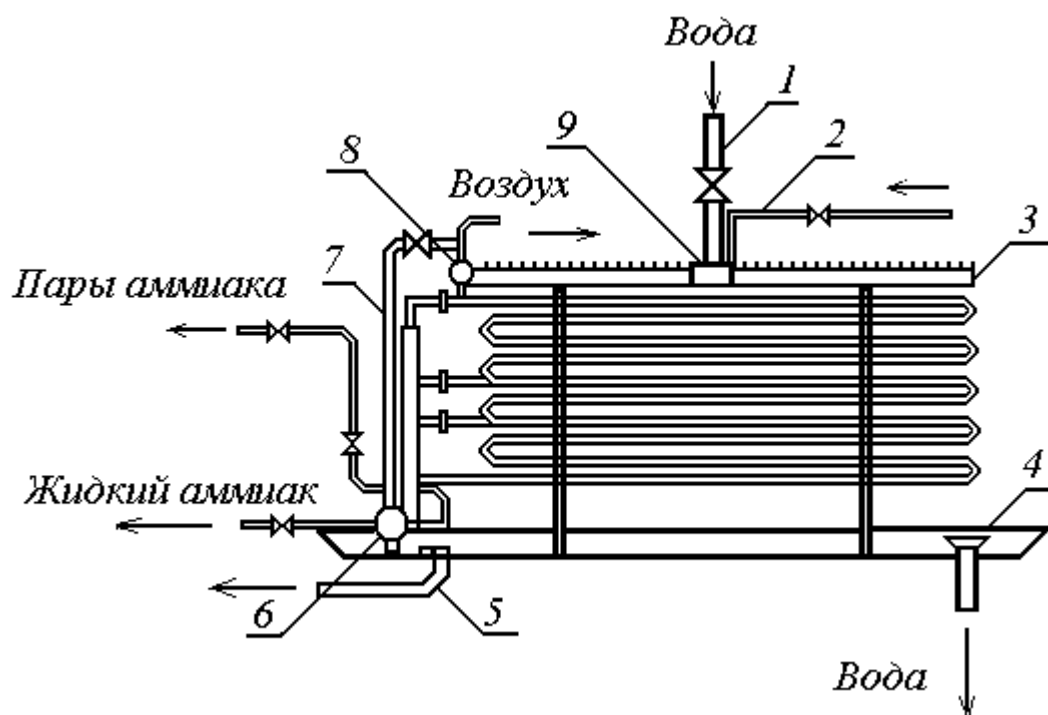


Рисунок 6.7 – Оросительный конденсатор:

- 1 – трубопровод рециркуляционной воды; 2 – трубопровод свежей воды;
- 3 – водораспределительный желоб; 4 – сливная сетка; 5 – приемная сетка;
- 6 – вентиль для выпуска масла в маслобсорник; 7 – уравнивательная линия;
- 8 – вентиль для выпуска воздуха; 9 – водораспределительный бачок

В остановленном компрессоре пластины могут разбухнуть из-за заполнения пор асботекстолита жидким аммиаком. Скорость разбухания прямо пропорциональна давлению и обратно пропорциональна температуре. Во избежание заклинивания пластин между торцами крышек или в пазах в компрессоре поддерживают давление, близкое к атмосферному, и остановленный компрессор в течение суток на 1...2 ч пускают в работу.

При обслуживании винтовых компрессоров следят за давлением и качеством масла, чистотой фильтрующих элементов, давлением и температурой паров хладагента на всасывании и нагнетании. Масло подается в полость сжатия компрессора в количестве, необходимом для отвода теплоты сжатия и уплотнения зазора между винтами и корпусом компрессора, поэтому температура нагнетания ниже, чем при адиабатическом сжатии, и не превышает 105 °С. Вместе со сжатым паром масло попадает в маслоотделитель, откуда шестеренчатым

насосом через маслоохладитель и фильтр впрыскивается в полость сжатия и подается на уплотнение сальника.

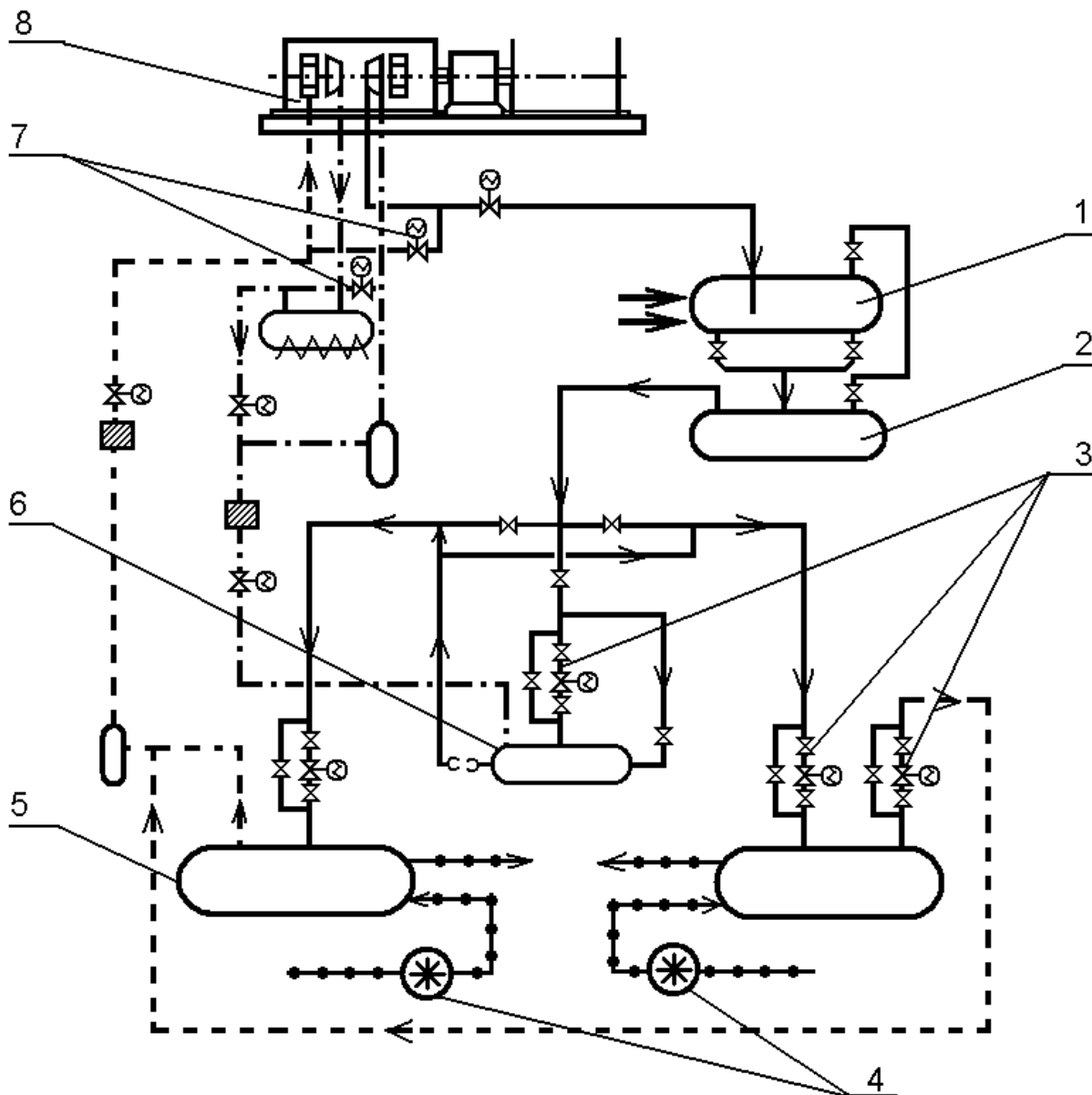


Рисунок 6.8 – Упрощенная схема холодильной установки с центробежным компрессором для подачи хладоносителя на два температурных уровня:

1 – конденсатор; 2 – линейный ресивер; 3 – регулирующие вентили с электроприводом; 4 – насосы хладоносителей; 5 – испарители; 6 – переохладитель аммиака; 7 – байпасные задвижки с электроприводом; 8 – центробежный компрессор

Обозначение трубопроводов:

- Всасывание
- · - · - Промежуточный подсос
- Нагнетание
- ● ● ● Хладоноситель

С целью предотвращения увеличения вязкости температура масла не должна быть ниже 25 °С. Поэтому перед пуском винтового компрессора включают маслоснасос и нагреватель масла (рисунок 6.8) и начинают циркуляцию масла по кольцу маслоотделитель – маслоохладитель – маслоотделитель, пока оно не нагреется. После его нагрева до 30...35 °С срабатывает реле и снимается блокировка пуска компрессора, на пульте загорается лампочка. Затем открывают вентили подачи масла в компрессор и воды в маслоохладитель и пускают компрессор.

Холодопроизводительность регулируется автоматически. В зависимости от заданной температуры хладагента на выходе из испарителя дается команда на реверсивный двигатель золотника. При остановке компрессора золотник автоматически открывается, что облегчает его последующий пуск.

Для регулирования уровня хладагента в испарителе предусматривают терморегулирующий вентиль (ТРВ) с внешним отбором. При снижении температуры кипения один ТРВ автоматически отключается, что позволяет уменьшить колебания перегрева пара.

Центробежные холодильные машины (турбокомпрессоры) широко применяются в крупных холодильных цехах и станциях, вытеснив горизонтальные компрессоры большой мощности. По сравнению с поршневыми компрессорами центробежные имеют значительные преимущества: хорошая уравновешенность из-за отсутствия поступательно движущихся частей, клапанов, малые масса и габариты на единицу холодопроизводительности, простота регулирования, отсутствие пульсаций в нагнетательном трубопроводе и загрязнения маслом теплопередающей поверхности аппаратов, возможность автоматического регулирования холодопроизводительности в широком диапазоне, меньшая чувствительность к попаданию жидкости и всасыванию влажных паров хладагента, возможность непосредственного соединения с паровой или газовой турбиной, что позволяет создать энергетически экономную схему привода.

Эксплуатационным недостатком центробежных машин является ограниченная область работы из-за возникновения помпажной зоны. В отечественных холодильных центробежных компрессорах в качестве хладагентов используют, главным образом, хладоны. Холодильные машины с непосредственным кипением хладагента в аппаратах выпускают для работы в основном на аммиаке, пропане, пропилене, этане, этилене.

Регулируют холодопроизводительность центробежных компрессоров байпасированием паров, изменением частоты вращения ротора (в случае привода от турбины), закруткой потока перед входом в колесо с помощью поворотного лопаточного входного направляющего аппарата, поворотом лопаток диффузора. Закрутка потока меняет характеристику ступени, перед которой установлен входной направляющий аппарат, и не влияет на характеристики последующих ступеней. Такое регулирование наиболее эффективно для одноступенчатых компрессоров.

Холодильные установки с центробежными компрессорами полностью автоматизированы, и поэтому их пуск, эксплуатация и регулирование не связаны с большими затратами труда. Регулирование байпасированием осуществляется автоматически по сигналу реле времени или другого датчика. Автоматизация центробежных компрессоров всегда предусматривает подогрев масла перед пуском и его охлаждение в процессе работы (термостатирование). Центробежные холодильные компрессоры оборудуют такими системами защиты, как защита по температуре масла и подшипников и по осевому смещению ротора.

Перед пуском тщательно проверяют наличие посторонних предметов, исправность заземления, давление охлаждающей воды, воздуха в системе питания приборов контроля и автоматики, а также азота в системе для продувок в цехах с горючими газами, уровень масла в баках компрессора и редуктора. Подготовке маслосистемы уделяют большое внимание, так как от ее надежности зависит работоспособность компрессора. Перед пуском проводят подогрев масла, для чего в маслоохладители подают горячую воду или пар или же используют для этих целей специальный электронагреватель, входящий в состав агрегата. Подогрев прекращают после достижения температуры масла 50...60 °С в системе смазки компрессора и 30...40 °С в системе смазки редуктора. При пуске основного маслоснасоса важно убедиться в отсутствии пропусков в маслосистеме, проверить подачу масла во все точки и включение резервного маслоснасоса при падении давления масла ниже 0,1 МПа. После проверки на плотность систему вакуумируют вспомогательным компрессором или вакуум-насосом до остаточного давления 0,001 МПа и заполняют хладагентом, переливая его из баллонов или ресивера. При заправке в системе поддерживают пониженное давление включением вспомогательного ком-

прессора, который останавливают, когда уровень в испарителе достигает 60 %.

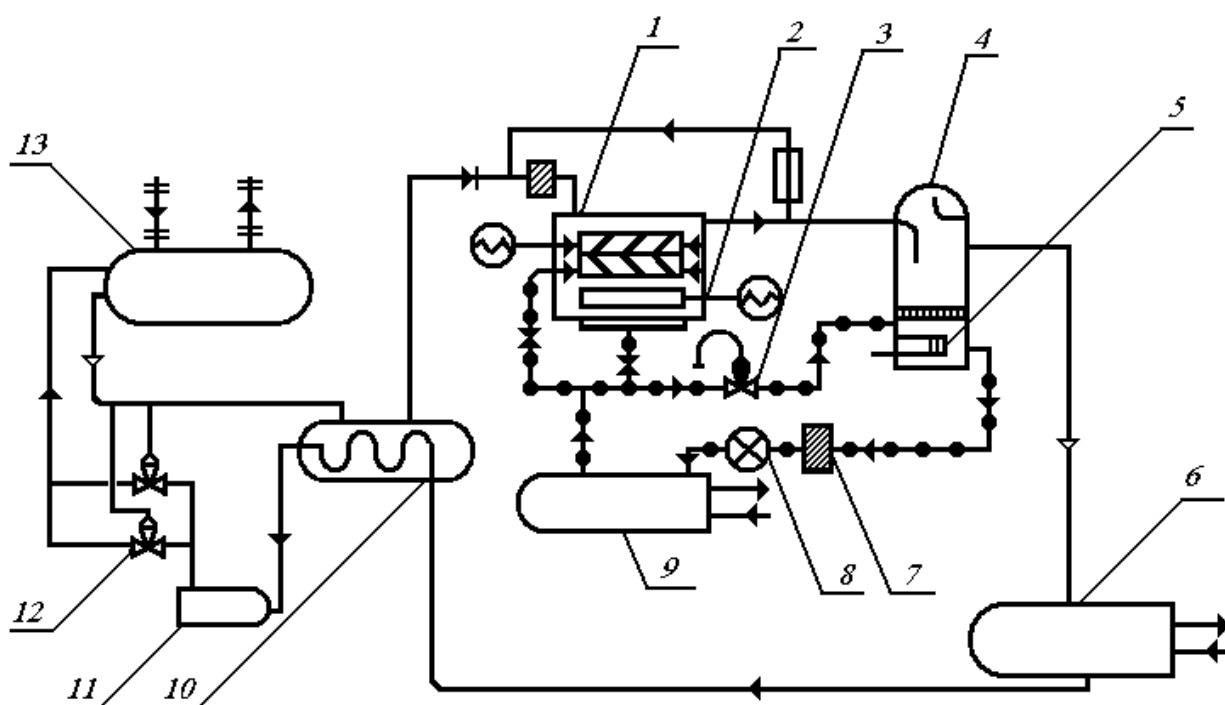


Рисунок 6.9 – Упрощенная схема холодильной установки с хладоновым винтовым компрессором:

1 – компрессор; 2 – золотник; 3 – регулятор давления масла; 4 – маслоотделитель; 5 – нагреватель; 6 – конденсатор; 7 – фильтр; 8 – маслоснасос; 9 – маслоохладитель; 10 – теплообменник; 11 – фильтр-осушитель; 12 – терморегулирующий вентиль; 13 – испаритель

- Хладагент (пар)
- Хладагент (жидкость)
- ⇄ Хладоноситель
- Масло

Перед пуском охлаждают машину одновременно с заполнением системы хладагентом и прогревом масла. Охлаждение проводят до температуры и давления, близких к рабочим. Давление в испарительной системе снижают для предотвращения перегрузки электродвигателя в период пуска (вспенивания масла в хладоновых машинах при выпаривании из него хладона).

При большой вместимости системы охлаждения в случае работы нескольких агрегатов на одну систему и при кратковременных остановках охлаждение может быть проведено и хладоносителем (рассолом). Для этой цели холодный рассол подают в охлаждаемый испаритель, через который он циркулирует до понижения давления в испарителе. Хладагент охлаждают до температуры, превышающей темпе-

ратуру холодного рассола не более чем на $5...7\text{ }^{\circ}\text{C}$. При охлаждении системы с помощью вспомогательного компрессора пары отсасываются из испарителя и конденсируются в конденсаторе. Жидкий хладагент вновь направляется в испаритель. После охлаждения испарительной системы и прогрева масла подают воду в конденсатор, проверяют уровень масла в баках, а также исправность систем защиты и цепей управления (рисунок 6.9).

Компрессор пускают с центрального щита управления и контролируют по мнемосхеме по сигнальным лампочкам и световым табло. При пуске включают основной и пусковой маслоснасосы компрессора и редуктора и открывают байпасный клапан. Затем регулятором холодопроизводительности устанавливают необходимую температуру хладагента на выходе из испарителя. При регулировании производительности поворотом лопаток входного направляющего аппарата прикрывают регулирующие лопатки, установив угол поворота $30...45^{\circ}$ со щита управления или вращая маховик исполнительного механизма на месте.

При достижении температуры масла в системе смазки компрессора $50\text{ }^{\circ}\text{C}$ и в системе смазки редуктора $30...40\text{ }^{\circ}\text{C}$ при давлении масла в коллекторе редуктора $0,13...0,18\text{ МПа}$ и достижении уровня в поплавковом баке $40...50\%$ у хладоновых центробежных компрессоров на щите загорается табло «Пуск разрешен». Поворотом ключа управления со щита запускают компрессор. После достижений ротором номинальной частоты вращения автоматически закрывается байпасный клапан, а затем также автоматически, примерно через 3 мин, выключается пусковой маслоснасос системы смазки редуктора. Вручную постепенно подают хладагент в испаритель.

К вспомогательным аппаратам, обеспечивающим работу основного холодильного оборудования, можно отнести маслоотделители и маслосборники, ресиверы, переохладители и теплообменники, отделители жидкости и промежуточные сосуды, фильтры и осушители, воздухоотделители, а также насосы, вентиляторы и устройства для охлаждения рециркулирующей (оборотной) воды.

Все вспомогательные устройства создают благоприятные условия для длительной и бесперебойной эксплуатации установки, а также способствуют повышению экономичности работы.

Маслоотделители (рисунок 6.10) устанавливают на нагнетательном трубопроводе между компрессором и конденсатором установки с холодильным агентом, ограниченно растворяющимся в масле (на-

пример, аммиак и до некоторой степени хладоны). Они предназначены для отделения масла, увлекаемого парами холодильного агента из компрессора, чтобы не допустить попадания его в больших количествах в теплообменные аппараты (конденсатор и испаритель).

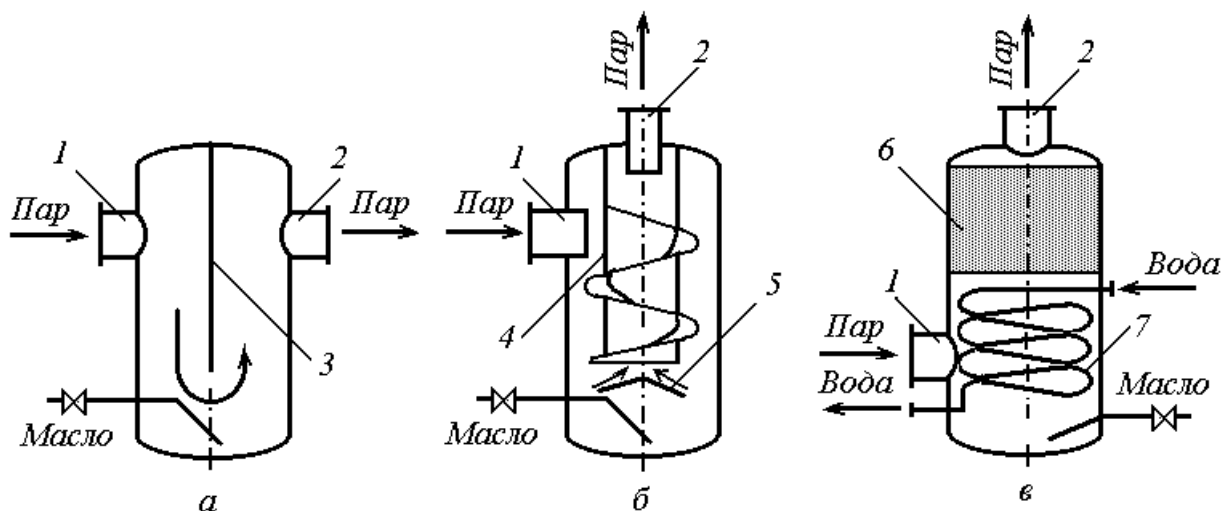


Рисунок 6.10 – Маслоотделители:

а – с перегородкой; б – циклонный; в – с водяным охлаждением;
 1 – патрубок для входа пара; 2 – патрубок для выхода пара в конденсатор;
 3 – перегородка; 4 – направляющие лопатки; 5 – перегородка, защищающая
 от струи пара; 6 – насадка; 7 – водяной змеевик

Маслособиратель предназначен для уменьшения опасности при выпуске масла и снижения потерь аммиака. Из маслоотделителя и маслоотстойников других аппаратов аммиачной установки масло перепускают в маслособиратель (рисунок 6.11). Затем давление в нем понижают почти до атмосферного, для чего его подключают к всасывающей стороне компрессора. За давлением наблюдают по манометру, установленному на нем. Перед выпуском масло в маслособирателе целесообразно подогревать, так как растворимость пара в масле с повышением температуры уменьшается.

В зависимости от назначения различают линейные, циркуляционные, дренажные и защитные ресиверы.

Линейные ресиверы предназначены для сбора конденсата и создания запаса его, что необходимо для бесперебойной подачи жидкости к регулирующему вентилю. Их устанавливают на стороне высокого давления за конденсатором и соединяют с последним жидкостным и паровым уравнительными трубопроводами (рисунок 6.12).

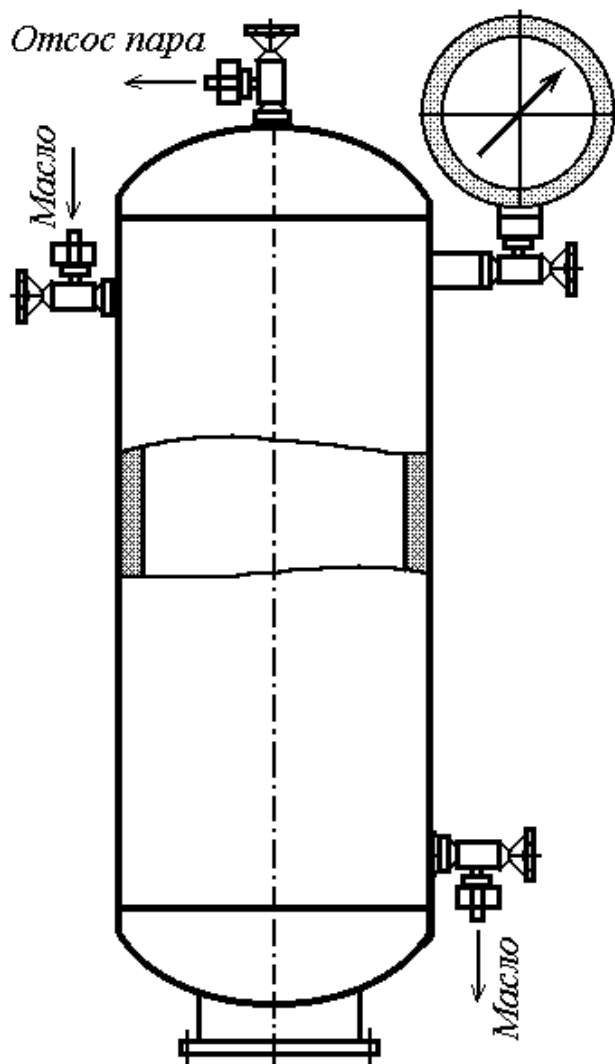


Рисунок 6.11 – Маслособираатель

ресивере патрубки расположены так, что отделение жидкости от пара осуществляется в ресивере.

Дренажный ресивер является резервуаром для спуска жидкого холодильного агента из приборов охлаждения при оттаивании снеговой шубы горячими парами. В их качестве используют те же аппараты, что и для циркуляционных ресиверов, т.е. они могут быть либо горизонтальные, но без воздухоохладителя, либо вертикальные. Дренажный ресивер должен вмещать жидкость из батарей и воздухоохладителей самой большой камеры на холодильнике при условии его заполнения на 80 %.

Циркуляционные ресиверы применяют в крупных аммиачных холодильных установках с принудительной циркуляцией аммиака в приборах охлаждения. Их устанавливают на стороне низкого давления и используют как резервуар, из которого аммиачный насос забирает жидкость и под давлением направляет в охлаждающие батареи. Горизонтальный циркуляционный ресивер устроен так же, как и линейный, но над ним не монтируют воздухоотделитель, а закрепляют патрубок для подключения насоса. Горизонтальные циркуляционные ресиверы применяют в комплекте с отделителями жидкости, размещаемыми над ними, а вертикальные – без этого отделителя. На вертикальном ресивере

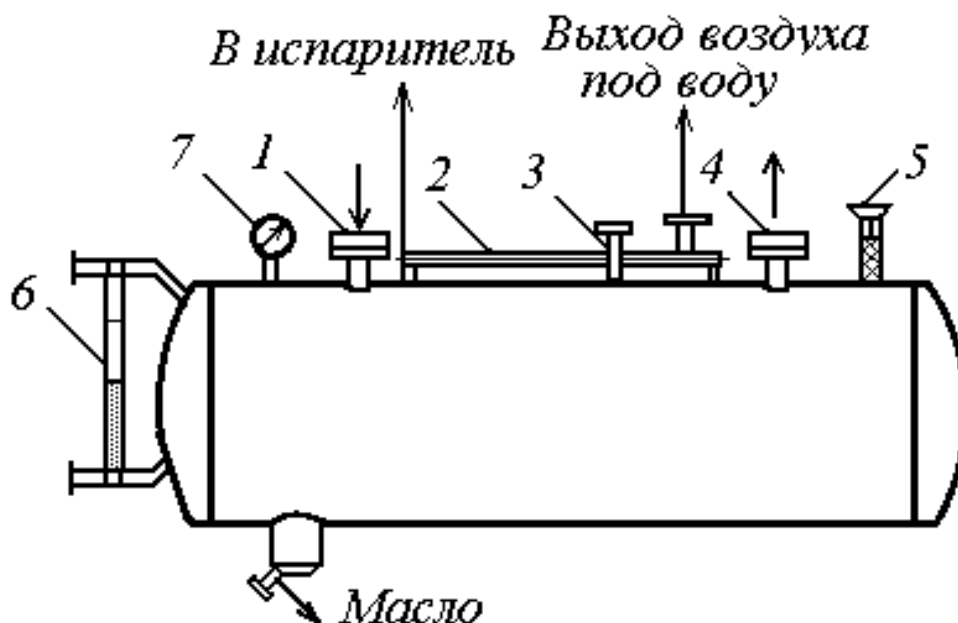


Рисунок 6.12 – Линейный аммиачный горизонтальный ресивер:
 1 и 4 патрубки для входа и выхода жидкого аммиака; 2 – двухтрубный аппарат для удаления из системы воздуха; 3 – патрубок для уравнивающей паровой линии; 5 – предохранительный клапан для выпуска воздуха; 6 – указатель уровня; 7 – манометр

Защитный ресивер применяют в безнасосных схемах и устанавливают под отделителями жидкости (горизонтальный ресивер) для приема жидкости в случае выброса ее из батарей при повышенных тепловых нагрузках. При использовании вертикальных ресиверов отделение жидкости происходит в верхней зоне аппарата.

Нормальное рабочее заполнение линейных ресиверов составляет 50 %, циркуляционных – 30 %; ресиверы дренажные и защитные при нормальной работе жидкостью не заполняются.

Все ресиверы снабжены предохранительными клапанами, манометрами или мановакуумметрами, указателями уровня и запорными вентилями.

6.4 Расчет холодильников

Расчет емкости холодильника и площадей холодильных камер.

Емкость холодильника и производительность морозильных отделений являются основными показателями его мощности. При проектировании холодильников эти показатели в каждом отдельном слу-

чае должны быть указаны в плановом задании. Последнее составляют в соответствии с экономическим обоснованием, которое должно содержать необходимые данные о структуре грузооборота, характере загрузки холодильника по месяцам года, поступлении грузов на охлаждение, замораживание и хранение.

Требуемую производительность камер и аппаратов для охлаждения и замораживания продуктов определяют по максимальному поступлению продуктов. Единоновременную емкость E_0 камер холодильной обработки и число их рассчитывают с учетом продолжительности процессов охлаждения или замораживания:

$$E_0 = A \cdot T, \quad (6.1)$$

где A – суточная производительность камер охлаждения или замораживания, т/сут;

T – продолжительность технологического процесса с учетом времени загрузки и выгрузки продуктов, сут.

Емкость камер хранения E_x для охлажденных и замороженных продуктов производственных холодильников вычисляют в зависимости от производительности камер и сроков хранения продукции:

$$E_x = A \cdot t, \quad (6.2)$$

где t – наибольшая продолжительность хранения, которую принимают в зависимости от района расположения и условий работы предприятия (для охлажденных продуктов – 3...5 сут, мороженых продуктов – 20...60 сут).

Емкость камер хранения распределительных холодильников определяют по максимальной загрузке холодильника с учетом поступления и выпуска продуктов по месяцам согласно экономическому обоснованию. Камеры можно загружать разными продуктами, сезонность поступления которых не совпадает.

По рассчитанной емкости и нормам загрузки на 1 м² определяют ориентировочно площади камер охлаждения, замораживания и хранения, которые при составлении планировки могут быть несколько изменены в целях более удобного размещения принятого оборудования и соблюдения поточности технологического процесса:

$$F_{СТР} = \beta \cdot \frac{E \cdot 1000}{N} = F_{ГР} + c \cdot l + a^2 \cdot n + f, \quad (6.3)$$

где $F_{СТР}$ – площади камер охлаждения, м²;

β – коэффициент увеличения площади (ориентировочно для небольших камер при грузовой площади до 80 м² коэффициент $\beta=1,4$; для средних камер с грузовой площадью до 300 м² – $\beta=1,3$; для больших камер свыше 300 м² – $\beta=1,2$);

E – расчетная емкость камер, т;

N – нагрузка продуктов на 1 м² грузовой площади с учетом допускаемой высоты укладки, кг/м² (приложение 6.5);

$F_{ГР}$ – грузовая площадь по заданной емкости камеры, м²;

c – отступы от стен (0,3 м) и пристенных батарей (0,4 м);

l – длина стен и пристенных батарей, м;

a – сторона колонны (квадратного сечения) или ее диаметр, м;

n – число колонн в камере;

f – площадь на проходы (принимаются шириной 1,2 м) между штабелями, м².

Нагрузка на 1 м² площади камер охлаждения, замораживания и хранения охлажденных грузов составляет около 250 кг/м². Для мороженных продуктов нагрузку принимают в зависимости от их вида и грузовой высоты камеры.

Расчет изоляции холодильника

Изоляция холодильников должна включать в себя теплоизоляцию и пароизоляцию.

Теплоизоляция предназначена для снижения тепловых потерь в окружающее пространство. Она осуществляется с помощью теплоизоляционных материалов которые имеют пористое строение, малую плотность и низкую теплопроводность.

По виду исходного сырья теплоизоляционные материалы делят на органические (древесноволокнистые и древесностружечные плиты, фибролит, камышит, пенопласты и др.) и неорганические (минеральная вата, ячеистое стекло, асбестовые материалы и др.).

Пароизоляция обеспечивает снижение влагообмена между помещением и внешней средой и обеспечивает в здании необходимую влажность. Для пароизоляции используют гидроизоляционные материалы на основе мастик, а также материалы, изготовленные на основе полимеров – полиэтиленовую пленку, герметики и др.

Теплоизоляционная конструкция здания холодильника должна содержать теплоизоляционный слой из материала, удовлетворяющего условию: $\rho_{из} \leq 300 \text{ кг/м}^3$; $\lambda_{из} \leq 0,09 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$ при $20 \text{ }^\circ\text{C}$.

Теплоизоляционная конструкция, находящаяся в помещениях, в которых производятся пищевые продукты, не должна включать теплоизоляцию из минеральной и стеклянной ваты.

Толщина изоляционного слоя определяется по формуле

$$\begin{aligned} \delta_u &= \lambda_u \left[\frac{1}{k} - \left(\frac{1}{\alpha_n} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \dots + \frac{\delta_n}{\lambda_n} + \frac{1}{\alpha_B} \right) \right] = \\ &= \lambda_u \left[\frac{1}{k} - (R_H + \sum R_i + R_B) \right], \end{aligned} \quad (6.4)$$

где δ_u – искомая толщина теплоизоляции, м;

λ_u – коэффициент теплопроводности принятого теплоизоляционного материала ккал/м² ч °С (приложение 6.2);

k – нормируемый коэффициент ограждения теплопередачи, ккал/м³ ч °С (приложение 6.3);

$\sum R_i$ – сумма термических сопротивлений всех слоев конструкции ограждения без теплоизоляции, м² ч °С/ккал;

α_B – коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности ограждения, Вт/(м²·К);

α_H – коэффициент теплоотдачи наружной поверхности ограждения, Вт/(м²·К).

По заданному температурному режиму внутри камеры выбирается коэффициент теплопередачи « k » наружных стен. В том случае, когда необходимые данные температурного режима в таблице приложения отсутствуют, их определяют пользуясь методом математической (графической) линейной интерполяции, т.е. предполагают, что на интервале между имеющимися табличными значениями закон изменения коэффициента линейный.

По найденной расчетом толщине теплоизоляции нужно набрать целое число слоев теплоизоляционного материала (приложение 6.2). В случае необходимости толщину δ_u можно округлить в большую сторону в соответствии со стандартной толщиной изделия.

Расчет пароизоляции наружных стен холодильника может быть произведен графоаналитическим методом и по упрощенной формуле

$$R_n^{mp} = 1,6 \Delta e, \quad (6.5)$$

где R_n^{mp} – сопротивление паропрооницанию, $\text{м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па} / \text{г}$;

Δe – разность действительных парциальных давлений водяного пара воздуха снаружи и внутри охлаждаемого помещения

$$\Delta e = e_n - e_v; \quad (6.6)$$

$$e_n = E_n \cdot \varphi_n / 100; \quad (6.7)$$

$$e_v = E_v \cdot \varphi_v / 100; \quad (6.8)$$

где E_n – максимальная упругость водяного пара при расчетной температуре наружного воздуха, Па (приложение 6.4);

E_v – максимальная упругость водяного пара при расчетной температуре воздуха в охлаждаемом помещении, Па (приложение 6.5);

φ_n – расчетная относительная влажность наружного воздуха, %;

φ_v – расчетная относительная влажность воздуха в охлаждаемом помещении, %.

По найденному значению R_n^{mp} определяют число слоев пароизоляционного материала или толщину пароизоляционной мастики, из которых намечено выполнить пароизоляционный слой. Значения сопротивлений паропрооницанию некоторых материалов приведены в приложении 6.6.

Расчет тепловлажностного режима хранилища

Загруженное хранилище требует поддержания режимов по температуре и влажности. Внутренняя температура в камере должна соответствовать оптимальной температуре хранения продукции. Тепловая мощность оборудования, которое снабжает хранилище теплом или холодом зависит от баланса теплопритоков. Расчет производится для выбранной типовой камеры.

Баланс теплопритоков рассчитывается по формуле

$$Q_x = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5, \quad (6.9)$$

где Q_1 – теплопритоки через ограждающие конструкции, стены и покрытия, кВт;

Q_2 – теплопритоки от охлаждаемой продукции, кВт;

Q_3 – теплопритоки от вентиляции, кВт;

Q_4 – теплопритоки от эксплуатации оборудования, кВт;

Q_5 – теплопритоки от жизнедеятельности сырья и продукции, кВт.

Расчет теплопритоков производится для летнего и зимнего времени отдельно в зависимости от назначения хранилища. Поток тепла Q_x может идти из хранилища или в хранилище, в зависимости от температуры наружного воздуха, температуры в хранилище, степени загрузки хранилища продукцией и т. д. Камерное оборудование поддерживает баланс теплопритоков. Если поток тепла в камере $Q_x > 0$, то воздух в ней требует охлаждения, если $Q_x < 0$ – нагрева.

Теплопритоки через ограждающие конструкции Q_1 определяют как сумму теплопритоков через стены, перегородки, перекрытия, покрытия, подвальные помещения, вызванных наличием разности температур между наружной и внутренней поверхностями Q_{1T} а также теплопритоков от солнечной радиации Q_{1C} через покрытия и наружные стены:

$$Q_1 = Q_{1T} + Q_{1C}. \quad (6.10)$$

Теплоприток через стены и покрытия рассчитывают по формуле:

$$Q_{1T} = K_D \cdot F \cdot (T_H - T_B) \cdot 10^{-3}, \quad (6.11)$$

где K_D – действительный коэффициент теплопередачи ограждения, Вт/(м²·К);

F – площадь стен и покрытия, м²;

T_H, T_B – наружная и внутренняя расчетные температуры воздуха, °С.

Теплоприток через стены и заглубленные стены определяют суммированием теплопритоков через условные зоны пола шириной 2 м по формуле:

$$Q_{1T} = K_{YC} \cdot F \cdot (T_H - T_B) \cdot M \cdot 10^{-3}, \quad (6.12)$$

где $K_{YC} = 0,47, 0,23, 0,12$ – условный коэффициент теплопередачи соответствующий 1, 2, 3 зонам камеры, Вт/(м²·К); для остальных зон – 0,07; для коридора и цеха – 0,18;

$M = 1$ – коэффициент, характеризующий относительное возрастание термического сопротивление пола, лежащего на земляном

грунте; для других материалов m зависит от теплопроводности материалов.

Теплоприток от солнечной радиации через наружные стены и покрытия определяют по формуле:

$$Q_{IC} = K_D \cdot F \cdot DT \cdot 10^{-3}, \quad (6.13)$$

где F – площадь ограждения, облучаемой солнцем, м^2 ;

DT – избыточная разность температур, характеризующая действие солнечной радиации в летнее время, $^{\circ}\text{C}$.

Количество теплоты от солнечной радиации зависит от зоны расположения холодильника (географической широты), характера ограждающей поверхности и ее ориентации по сторонам горизонта. Для плоской кровли избыточная разность зависит от тона окраски и не зависит от ориентации и широты. Для темных плоских кровель избыточную разность принимают равной $14,7^{\circ}\text{C}$, для светлых кровель – $16,9^{\circ}\text{C}$; шатровых крыш для южной зоны – 15, средней – 10 и северной – 5°C .

Чем больше значение коэффициента теплопередачи ограждения, тем больше теплоты будет проникать в охлаждаемый объем хранилища. Это приводит к более мощной и следовательно более дорогой холодильной установке.

Уменьшить теплоприток можно применением более совершенной теплоизоляции с меньшим коэффициентом теплопроводности или увеличением ее толщины. Зная требуемый коэффициент теплопередачи, толщину теплоизоляционного слоя (м) можно определить по формуле

$$\delta_D = \lambda / K_D, \quad (6.14)$$

где δ_D – необходимая толщина стены (пола, потолка), м;

λ – коэффициент теплопроводности материала стены (пола, потолка), $\text{Вт}/(\text{м} \cdot \text{K})$;

K_D – действительный коэффициент теплопередачи поверхности, $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{K})$, равный

$$K_D = Q_1 / (F_p \cdot \Delta t); \quad (6.15)$$

где Q_1 – теплоприток через соответствующее ограждение, Вт;

F_p – площадь соответствующего ограждения (стены, пола, потолка) хранилища, м²;

Δt – расчетная разность температур, К.

Географическая широта и среднегодовая температура наружного воздуха t_n находится для местности хранения (города, района). Внутренняя температура хранения t_v соответствует оптимальной температуре хранения продукции.

Коэффициент теплопроводности λ зависит от материала, из которого изготавливаются стены и перекрытия хранилища (приложение 6.2).

Коэффициент теплопередачи стен и покрытий, принимается в зависимости от среднегодовой температуры местности расположения хранилища (приложение 6.3).

Теплоприток от охлаждаемой продукции является суммой теплопритока принесенного продукцией и тарой из внешней среды:

$$Q_2 = Q_{2PR} + Q_{2T}, \quad (6.16)$$

где Q_{2PR} – теплоприток от охлаждаемой продукции охлаждения, кВт;

Q_{2T} – теплопритоки от тары, кВт.

Теплоприток от охлаждаемой продукции (кВт) в камере определяют по формуле:

$$Q_{2PR} = M_{PR} \cdot [I(T_N) - I(T_K)] \cdot 10^{-3} / (24 \cdot 3600), \quad (6.17)$$

где M_{PR} – суточное поступление продуктов, кг;

$I(T_N)$ – удельная энтальпия продукта при входе в хранилище, при начальной температуре T_N , кДж/кг;

$I(T_K)$ – удельная энтальпия продукта при установившейся, конечной температуре охлаждения T_K , кДж/кг.

Удельные энтальпии сырья и продуктов для разных температур приведены в приложении 6.7.

Теплопритоки от тары (кВт) равны:

$$Q_{2T} = M_T \cdot C_T \cdot (T_N - T_K) \cdot 10^{-3} / (24 \cdot 3600), \quad (6.18)$$

где M_T – масса тары, поступающей в хранилище в сутки, кг;

C_T – удельная теплоемкость тары, кДж/(кг·К).

При расчете теплового баланса камер предварительного охлаждения следует принимать ее загрузку не более, чем в два яруса.

Теплопритоки Q_3 (кВт) от наружного воздуха при вентиляции следует учитывать только при проектировании специализированных холодильников для фруктов:

$$Q_3 = M_V \cdot (I_N - I_B), \quad (6.19)$$

где M_V – массовый расход вентиляционного воздуха, кг/с;

I_N, I_B – удельная энтальпия наружного воздуха и воздуха в камере, кДж/кг.

Массовый расход вентиляционного воздуха M_V (кг/с) определяют исходя из обеспечения кратности вентиляции в сутки:

$$M_V = V_k \cdot n \cdot \rho / (24 \cdot 3600), \quad (6.20)$$

где V_k – объем вентилируемого помещения, м³;

$n = 3 \dots 4$ – кратность воздухообмена в хранилище, задаваемая режимом хранения;

ρ – плотность воздуха, зависящая от температуры и относительной влажности в камере, кг/м³:

$$\rho = (1 + d) \cdot p_b / [(R_{cb} + d \cdot R_p) \cdot t], \quad (6.21)$$

где d – влагосодержание воздуха, кг/кг;

$p_b = 103588$ – барометрическое давление атмосферного воздуха, Па;

$R_{cb} = 284,1$ – удельная газовая постоянная сухого воздуха, Дж/(кг·К);

$R_p = 461,5$ – удельная газовая постоянная водяного пара, Дж/(кг·К);

t – температура воздуха, К.

Влагосодержание воздуха связано с его относительной влажностью соотношением:

$$d = 0,622 \cdot p_p / (p_b - p), \quad (6.22)$$

где p_p – парциальное давление пара в воздухе, Па.

Теплоемкость c (при постоянном давлении) атмосферного воздуха (кДж/(кг·К)) зависит от его влагосодержания:

$$c = c_{cb} + c_p \cdot d, \quad (6.23)$$

где c – теплоемкость атмосферного воздуха, кДж/(кг·К);

$c_{cb} = 1,01$ кДж/(кг·К) – удельная теплоемкость сухого воздуха;

$c_p = 1,86$ кДж/(кг·К) – удельная теплоемкость пара.

Энтальпия воздуха зависит от температуры и теплоемкости воздуха и пара, она равна

$$i = (c_{cb} + c_p \cdot d) \cdot t. \quad (6.24)$$

Эксплуатационные теплопритоки возникают при освещении камер, пребывании в них людей, работе электродвигателей и открывании дверей.

Теплопритоки от освещения (кВт) определяются по формуле

$$q_1 = A \cdot F_p \cdot 10^{-3},$$

где $A = 2 \dots 5$ – теплота, выделяемая источниками освещения в единицу времени на 1 м^2 площади, Вт/м²;

F_p – площадь камеры, м².

Теплоприток от пребывания людей (кВт) определяется из выражения

$$q_2 = 0,35 \cdot n,$$

где $0,35$ – тепловыделение одного человека при тяжелой физической работе, кВт/чел;

n – число людей, работающих в камере.

Теплоприток от работающих электродвигателей (кВт) равен их мощности

$$q_3 = N_{\Sigma},$$

где q_3 – теплоприток от работающих электродвигателей, кВт;

N_{Σ} – суммарная мощность электродвигателей в охлаждаемом помещении, кВт.

Теплопритоки при открывании дверей (кВт) рассчитывается по формуле

$$q_4 = K \cdot F \cdot 10^{-3},$$

где K – удельный теплоприток от открывания дверей (приложение 6.8), Вт/м²;

F – площадь охлаждаемого помещения, м².

Эксплуатационные теплопритоки определяются как сумма отдельных теплопритоков:

$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4. \quad (6.25)$$

Для предприятий торговли и общественного питания принимают следующие значения эксплуатационных теплопритоков (Вт/м²):

Камеры хранения	Вт/м ²
- мяса, птицы, гастрономии, молочно-жировых продуктов, овощей, рыбы, фруктов напитков, и пищевых отходов	11,6
- полуфабрикатов, кулинарии, кондитерских изделий	29

Теплопритоки Q_{Π} (кВт) от продукции при дыхании определяются исходя из удельного тепловыделения сырья и его массы

$$Q_{\Pi} = V_K \cdot (0,1 \cdot Q_P + 0,9 \cdot Q_X) \cdot 10^{-3}, \quad (6.26)$$

где V_K – вместимость камеры, т;

Q_P, Q_X – тепловыделения сырья при температурах поступления и хранения, Вт/т (приложение 6.9);

0,1 и 0,9 – соответственно доли сырья, учитываемые при температуре поступления и хранения.

Для скоропортящейся продукции температуру на входе хранилища можно принять равной температуре предварительного охлаждения.

Температура хранения в камере после охлаждения должна соответствовать оптимальной температуре хранения.

Расчет мощности и выбор холодильного оборудования

Тепловая энергия, отбираемая в камере холодильной машиной, равна сумме теплопритоков по балансу. Рабочую тепловую мощность

Q_H (кВт) оборудования для поддержания оптимальной температуры в хранилище определяют по формуле:

$$Q_H = K_{TR} \cdot Q_X / (B_{RB}), \quad (6.27)$$

где K_{TR} – коэффициент, учитывающий теплопритоки в трубопроводах;

B_{RB} – коэффициент, учитывающий рабочее время холодильной машины;

Q_X – теплопритоки в камеру хранения.

Теплопритоки в камеру могут быть положительные – тепло приходит в камеру, и отрицательными – тепло уходит. В холодильниках с большим числом камер полный расчет теплопритоков Q_X выполняется для нескольких типовых камер. Затем получают удельные нагрузки на 1 м^2 пола

$$q_o = Q_{xo} / F_o, \quad (6.28)$$

а для всего хранилища – рассчитывают исходя из этих нагрузок:

$$Q_X = q_o \cdot F, \quad (6.29)$$

где q_o – удельная тепловая нагрузка, кВт/ м^2 ;

Q_{xo} – баланс теплопритоков для типовых камер, кВт;

F_o – площадь пола типовых камер, м^2 ;

F – площадь всего хранилища, м^2 .

Для того, чтобы тепловая мощность холодильной машины не была завышена, тепловой баланс камер хранения и камеры предварительного охлаждения рассчитываются отдельно.

При выборе типа холодильной машины с непосредственным испарением хладагента в камере или с рассольной системой охлаждения, руководствуются тем, что рассольная система обычно выбирается для больших тепловых мощностей в десятки и сотни киловатт.

При выборе холодильной машины выбирают ее тип, марку и тепловую мощность (приложение 6.10).

Коэффициент k_{tr} , учитывающий теплопритоки в трубопроводах (потери), принимают в зависимости от типа холодильной машины:

Тип холодильной машины	Коэффициент k_{tr}
непосредственное испарение хладагента	1,05...1,07
рассольная система охлаждения	1,1...1,12

Коэффициент, учитывающий рабочее время холодильной машины $b_{\text{рб}}$ выбирается в зависимости от ее мощности:

для малой мощности (≤ 5 кВт) – 0,75;

для средней мощности (> 5 кВт) – 0,8.

Для искусственного охлаждения в местах производства следует предусматривать децентрализованные системы холодоснабжения, в том числе для камер предварительного охлаждения – автономную холодильную машину.

Подбор компрессора и основного холодильного оборудования производится с учетом максимальных теплоступлений в соответствии с их паспортной производительностью.

Для повышения надежности холодоснабжения и регулирования холодопроизводительности систем в различных режимах необходимо устанавливать не менее двух компрессорных агрегатов (один из них – с регулируемой холодопроизводительностью) и не менее двух одноструйных насосов.

Количество и тип воздухоохладителей при бесканальной воздухоподаче следует принимать из условия обеспечения одним аппаратом зоны шириной не более 6 м.

В камере предварительного охлаждения применяется бесканальное воздухораспределение. Количество воздушных струй, расход воздуха рассчитываются исходя из условия обеспечения скорости воздуха между грузовыми пакетами (контейнерами) 1,5...3,0 м/с.

Контрольные вопросы: Каково назначение холодильников? Как по назначению классифицируются холодильники? Какие холодильники называются хладокомбинатами? Какие требования предъявляются к холодильникам? Какая изоляция применяется в холодильниках? Где располагают холодильники в мясоперерабатывающих предприятиях? Из каких отделений состоят холодильники для хранения мяса? Из каких помещений состоит машинное отделение? Где в холодильниках размещают кожухотрубные аппараты? Перечислите основные виды холодильников. Что входит в машинное отделение холодильника? Какое оборудование применяется в холодильниках для погрузочно-разгрузочных работ? Какие холодильные установки используются в холодильниках? Как рассчитывают единовременную емкость камер холодильной обработки? Как рассчитывают емкость камер хранения для охлажденных и замороженных продуктов производственных холодильников? Какова наибольшая продолжительность хранения охлажденных продуктов и мороженых продуктов? Как рассчитывают площади камер охлаждения, замораживания и хранения?

7 УСТРОЙСТВО И ОБОРУДОВАНИЕ КАРТОФЕЛЕ- И ОВОЩЕХРАНИЛИЩ

7.1 Способы хранения и размещения продукции в хранилищах

Различают следующие способы хранения продукции:

- холодильное;
- холодильное с регулируемой газовой средой (РГС) в условиях, когда осуществляются контроль и регулирование параметров газовой среды, образованной как жизнедеятельностью плодоовощной продукции, так и путем использования специальных установок;
- при активной вентиляции, в том числе с применением биологических и химических средств защиты;
- при активной вентиляции с использованием искусственного холода;
- при общеобменной вентиляции с использованием естественного или искусственного холода, в том числе в полиэтиленовых упаковках с газоселективными мембранами.

При складировании продукции россыпью температурно-влажностный режим в насыпи регулируют принудительным вентилированием наружным, внутренним воздухом или их смесью. Расход воздуха в зонах с зимними расчетными температурами -20 и -30°C в лечебный и в период охлаждения (расчетный) должен быть не менее 100 и $70 \text{ м}^3/\text{ч}$ для семенного картофеля, 70 и 50 – для продовольственного картофеля и корнеплодов, 150 и $100 \text{ м}^3/\text{ч}$ – для капусты, лука. В основной период хранения расход воздуха уменьшают в 2 раза.

До реализации основного периода хранения необходимо выдерживать температурно-влажностные параметры среды хранения и их оптимальную продолжительность для соответствующих видов продукции. Картофель должен проходить лечебный период, лук – просушку.

Хранение лука всех генераций без листьев предусматривает поддержание, кроме основного периода хранения, периодов просушки и охлаждения.

Просушка наружных чешуй до влажности $14\ldots 16\%$ осуществляется в секциях хранения подачей в насыпь продукции подогретого до $25\ldots 30^{\circ}\text{C}$ воздуха. Продолжительность сушки не должна превышать 72 ч. Допускается досушивать вызревший здоровый лук наружным воздухом, подогретым на $3\ldots 5^{\circ}\text{C}$ при интенсивности вентилирования

250 м³/ч·т в течение шести-восьми суток. Максимально допустимая температура вентиляционного воздуха на входе в насыпь 35°C. Просушивают лук с листьями при температуре вентиляционного воздуха 30...35°C и интенсивности вентилирования не менее 350 м³/ч·т.

Охлаждают лук вначале до минимальной температуры наружного воздуха, а после наступления устойчивых холодов и при хранении с искусственным холодом – до температуры основного периода хранения.

Лук-севок, лук-выборок и лук-матку после просушивания прогревают при 45...47°C в течение 10...12 ч партиями.

Лук с листьями просушивают при температуре вентиляционного воздуха 30...35°C и интенсивности вентилирования 350 м³/ч·т.

Охлаждают в два этапа: в начале до 18...25°C, при наступлении отрицательных температур наружного воздуха – до температуры хранения. При искусственном охлаждении температуру до расчетных значений снижают сразу.

В период хранения при длинных оттепелях и весной в хранилищах без искусственного холода температуру поднимают до 18...25°C. Время перехода от одного режима на другой должно быть минимальным во избежание яровизации. Считается, что общая продолжительность пребывания при 0...17°C не должна превышать 15 дней. Перед посадкой лук прогревают в течение двух недель при 18...20°C.

Температуру овощей снижают в возможно короткие сроки (не более 15 суток) независимо от способа охлаждения.

Улучшить сохранность овощей и картофеля можно путем обработки их поверхности консервантами или антисептирования среды хранения.

В помещениях хранения картофеля и овощи складывают россыпью (навалом) или в таре. Россыпью хранят продукцию, идущую в основном на продовольственные цели и промышленную переработку. Преимущества этого способа – его доступность, низкая удельная стоимость помещений хранилищ; недостаток – сложность размещения мелких партий продукции.

В таре, как правило, содержат семена элитного картофеля, семенники овощных культур, фрукты, а картофель и овощи – в комбинированных хранилищах сравнительно малой вместимости (не более 1000 т). Контейнерный способ хранения предпочтителен тем, что продукция проще размещается по сортам, репродукциям и фракциям, ограничивается распространение болезней, обеспечивается высокая

производительность труда. При этом способе после укладки клубней все последующие операции осуществляют с тарой. Основные недостатки контейнерного способа хранения – значительные капиталовложения в тару, сопоставимые со стоимостью хранилища.

Возможна комбинация этих двух способов складирования. Она доступна только крупным предприятиям, так как требует двух видов специализированного оборудования для механизации технологических процессов.

При выборе способа складирования продукции необходимо учитывать все факторы – стоимость хранилища, качество закладываемой продукции, урожайность (для семенной продукции), затраты труда на доставку и внутреннюю транспортировку продукции, производительность труда, энергоемкость производства и др.

Картофель и овощи разных хозяйственно-биологических сортов, репродукций, а также требующие различных температурно-влажностных условий, как правило, хранят отдельно. В одном помещении допускается вместе хранить следующие виды овощей: лук и чеснок; картофель и свеклу; морковь, свеклу и редьку. Картофель и овощи хранят отдельно от фруктов, так как при совместном хранении их качество ухудшается. Хранение осуществляют в полной темноте, за исключением картофеля. Имеются данные, что при рассеянном свете сохранность семенной фракции повышается за счет накопления соланина в клубнях верхнего слоя, находящегося в самых неблагоприятных условиях. В условиях искусственного освещения у большинства сортов продовольственной капусты повышается устойчивость кочанов к серой гнили. Листья кочанов лежких сортов на свету не поражаются этой болезнью.

Высоту насыпи маточных корнеплодов принимают 2,8 м, продовольственных и лука всех генераций – 3,6, картофеля – 5, а штабеля – 5...5,5 м. На практике высоту насыпи корректируют с учетом качества продукции, а также технического состояния систем активного вентилирования. Проходов и проездов в камерах не предусматривают. За грузовой дверью оставляют площадку размерами, обеспечивающими маневрирование погрузчиков.

Максимальная вместимость одного помещения хранения при складировании продукции россыпью: для лука всех регенераций – 250 т, семенного картофеля – 500, капусты – 750, продовольственного картофеля и корнеклубнеплодов – 1000 т. Вместимость помещений хранения кормовых корнеплодов и картофеля не ограничивается. В

отечественной практике проектирования эта величина не превышала 4000 т. Вместимость холодильных камер и камер с РГС следует принимать в зависимости от номинальной вместимости холодильника. При вместимости холодильника 500...2000 т вместимость камеры не превышает 300 т, а при общей вместимости до 5000 т – не более 600 т.

Вместимость отдельных помещений хранения ограничивают из-за возможности распространения болезней, необходимости создания в сжатые сроки равномерного температурно-влажностного режима и поддержания его в допустимых пределах при выгрузке продукции.

7.2 Классификация хранилищ

Картофеле- и овощехранилища представляют собой сооружения, предназначенные для длительного хранения картофеля и овощей в свежем виде.

Здания для хранения плодов и овощей, картофеля и корнеплодов в соответствии с нормами технологического проектирования ОНТП-6-88 классифицируют по следующим основным технологическим признакам: назначению, видам продукции, способам ее складирования и создания микроклимата.

По отношению к планировочной отметке капитальные хранилища бывают наземными, полузаглубленными, заглубленными и подземными. В наземных зданиях отметка пола превышает планировочную отметку земли на 0,15...0,2 м. С позиций устройства эффективной и удобной в исполнении теплоизоляции стен и пола по контуру здания разницу в отметках предпочтительно увеличить до 0,3 м. В отечественной практике известны единичные примеры проектных решений хранилищ с превышением отметки пола над планировочной отметкой 0,6 м. В России и за рубежом наземные хранилища получили массовое распространение благодаря удобной транспортной связи внутреннего объема здания с внешней средой, а также на основаниях с высоким уровнем грунтовых вод.

Полузаглубленными считают здания, расстояние от пола которых до планировочной отметки не превышает половины высоты стены. В практике строительства хранилищ более 50% построек предыдущего поколения были полузаглубленными. В заглубленных здани-

ях участок стены, контактирующий с грунтом, превышает половину высоты стены хранилища. Примеры заглубленных хранилищ единичны. Такие здания строили преимущественно в зонах с расчетной зимней температурой наружного воздуха - 40°C и ниже. Преимущество полу- и заглубленных хранилищ состоит в том, что они имеют более стабильный микроклимат: температура воздуха в них в весенний и летний периоды ниже, чем в наземных, они требуют меньше теплоизоляционных материалов благодаря обвалованию стен грунтом, в том числе на полную их высоту. В этом случае роль теплоизоляции выполняет грунтовая засыпка.

К основным помещениям хранилищ относят помещения хранения (камеры, секции), приема и обработки продукции, в том числе послеуборочной и предпосадочной (семенной) и товарной (продовольственной). В группу помещений подсобного назначения входят помещения поддержания режимов хранения, механизации и автоматизации технологических процессов. Вспомогательными являются помещения административно-технического назначения и культурно-бытового обслуживания трудящихся, лаборатории.

Хранилища семенной продукции специализированы по ее биологическим видам: картофелю и маточникам сахарной и столовой свеклы, моркови, капусты, репы, редьки, брюквы, лука-севка и лука-выборка. Другими словами, эти хранилища являются объектами хранения одновидовой продукции. К ним можно отнести, например, хранилища семенного картофеля, в которых складировуют на длительное время только один вид продукции – семенной картофель, или хранилища кормовых корнеплодов – в них хранят кормовые корнеплоды либо фуражный картофель.

Хранилища продовольственного назначения, наряду со специализированными по отдельным видам, например, продовольственному картофелю, моркови, капусте, могут быть и многоцелевого использования – в них хранят в изолированных помещениях несколько видов продукции и называют комбинированными.

В комбинированных хранилищах, нашедших массовое распространение в стране, известны следующие сочетания продукции: картофель (46%), капуста (23), свекла, лук, морковь (по 5), яблоки (13); морковь (33), капуста (67); картофель (46), капуста (23), морковь (15), свекла (16) или в охлаждаемых помещениях в межсезонный период ранние картофель (35), капуста (44), яблоки (21 %). Как видим, опре-

деленные зависимости объемов от вида хранимой продукции не прослеживаются.

По способам складирования хранилища бывают *навалъные и контейнерные*. Первый тип предназначен для складирования продукции россыпью – картофеля семенного, продовольственного, фуражного и технического, продовольственных и маточников моркови, капусты, репы, брюквы, редьки, лука и чеснока. В контейнерных хранилищах продукцию содержат в таре.

Хранилища со складированием продукции россыпью можно разделить на следующие виды: *закромные* (емкость отсеков 100 т и более), *секционные* (не более 250 т), *зального* типа (продукция хранится в едином массиве).

Закромные хранилища были широко распространены до 1978-1980 гг. Продукция в них хранилась в отдельных отсеках емкостью 60... 100 т, расположенных в общем контуре здания и не изолированных выше насыпи от других закровов. Одну из разновидностей закровного способа хранения представляют бункерные хранилища. Достоинство таких хранилищ – наличие значительного числа отсеков, позволяющих складировать продукцию мелкими партиями, загружать или выгружать ее независимо от остальной части. Их недостатки: нерациональное использование производственных площадей, повышенная материало- и трудоемкость возведения и, соответственно, стоимость здания, невозможность поддержания в каждом отсеке своего микроклимата.

По способам создания микроклимата хранилища подразделяют: с естественной или принудительной вентиляцией, в том числе с естественным холодом; с естественным проветриванием или принудительной вентиляцией, в том числе с искусственным холодом; холодильники; холодильники с регулируемой газовой средой.

В хранилищах с естественной вентиляцией, когда тепло хранимой в насыпи продукции отводится за счет движения воздуха под действием температурного перепада, складывают картофель и овощи слоем не более 1,5...2,0 м. Их ограниченное применение заключается в том, что активно влиять на процессы хранения в насыпи, в первую очередь, на температуру, практически невозможно.

Хранилища с принудительной (в отечественной практике широко распространен термин «активной») вентиляцией являются прогрессивным типом. Использование активного вентилирования позволяет длительно хранить продукцию с естественным холодом в усло-

виях, близких к оптимальным, для продолжения ее жизнедеятельности с минимальными потерями питательных веществ. По этой причине такие хранилища получили массовое распространение. Применение искусственного холода делает процесс хранения полностью не зависящим от внешних климатических факторов.

Хранилища картофеля и овощей с искусственным охлаждением следует использовать в зонах с расчетной зимней температурой наружного воздуха -20°C и выше. Овощехранилища во всех климатических зонах желательно снабжать холодильными установками, что позволит осенью быстро охлаждать продукцию и в короткие сроки переходить на основной режим хранения.

Хранилища с естественным проветриванием отличаются малой насыщенностью инженерного оборудования или его отсутствием. Проветривают помещение регулированием площади отверстий в продольных стенах здания и потолке. Продукция хранится в таре. Воздухообмен осуществляется за счет свободного конвективного теплообмена. В последнее время пришли к выводу, что более рациональной организации воздухообмена достигают при использовании побудителя тяги в сочетании с регулированием площади вентиляционных проемов. Эксплуатация таких хранилищ требует квалифицированного обслуживающего персонала и «мягкого» климата в зимнее время. Хранилища с принудительной общеобменной вентиляцией предназначены преимущественно для хранения картофеля в таре.

Холодильники (охлаждаемые хранилища) в отличие от хранилищ, в которых рекомендуется максимально использовать естественный холод, оборудуют техническими устройствами искусственного охлаждения, а при хранении овощей и фруктов в регулируемой газовой среде – герметичными камерами и специальными установками поддержания газовой среды.

Хранилища по способу использования собственных энергетических ресурсов хранимой продукции для опорожнения емкости разделяют на здания с гравитационной выгрузкой, когда емкость опорожняется за счет сил гравитации; с использованием внешних источников воздействия – гидросмыва и подборщиков при навальном способе хранения продукции, дизельных или электрических погрузчиков – при контейнерном хранении; комбинированные, сочетающие элементы обоих способов, например, при выгрузке картофеля ленточными транспортерами через каналы систем активного вентилирования.

Хранилища с гравитационной выгрузкой – это в основном бункерные хранилища, хранилища с наклонным днищем при хранении продукции в одном сплошном массиве или полами в случае устройства одно- и многоярусных (по высоте здания) закровов. Информация об этих хранилищах имеется в литературе. Отличительная особенность хранилищ этого типа – использование для загрузки и выгрузки стационарной механизации. Бункера оборудуют устройствами для их «мягкого» заполнения, чтобы снизить повреждаемость продукции.

Основное преимущество хранилищ с гравитационной выгрузкой – возможность выгрузки продукции практически из любого места. Это позволяет рационально распорядиться продукцией при появлении очагов загнивания, например, продовольственную – реализовать, техническую – переработать в первую очередь, а предназначенную для длительного хранения – перебрать и снова заложить на хранение. Возможны полная автоматизация выгрузки, регулирование производительности в значительном диапазоне при крайне малых затратах живого труда.

К недостаткам этого типа хранилищ относятся более сложные их решения в архитектурно-строительной части, системах вентилирования продукции, механизации производственных процессов по сравнению с известными при складировании продукции россыпью на горизонтальных полах. Особенно очевидна проблема побуждения продукции при ее выгрузке вследствие слеживаемости и в случае прорастания, в первую очередь, в зданиях без искусственного охлаждения продукции.

По виду специфичных силовых воздействий, оказываемых на каркас зданий, хранилища условно можно разделить на имеющие статическую нагрузку от хранимой продукции, подвижные нагрузки от кранового оборудования (широко распространено на перерабатывающих предприятиях Германии при слое картофеля 6 м), а также испытывающие воздействия только внешних силовых факторов.

Нагрузку от хранимой продукции на каркас здания целесообразно передавать при слое насыпи 3 м и более. При меньших величинах ее могут воспринять специальные конструктивные элементы здания.

Воздействия внешних силовых факторов испытывают каркасы зданий хранилищ со складированием продукции в таре. Специфическими нагрузками в хранилищах и холодильниках являются нагрузки

от технологического оборудования, инженерных коммуникаций, градиен, кабелей, систем автоматического управления микроклиматом.

Величина статической нагрузки от хранимой продукции, воспринимаемая каркасом здания навалых хранилищ, определяется видом хранимой продукции и конструктивным решением стенок, удерживающих засыпку, или наружных стен. Последние могут быть несущими или самонесущими.

Капитальные хранилища по основному строительному материалу, используемому для возведения зданий, подразделяются на выполняемые из сборного бетона и железобетона; легких металлических конструкций; деревянных конструкций; материалов местной строительной индустрии (кирпич, древесина).

По методам поставки хранилища и холодильники бывают полной заводской готовности, из сборных элементов, построечного изготовления.

Полную заводскую готовность, в том числе под «ключ», имеют хранилища из легких металлических конструкций. Они комплектно поставляются специализированными заводами металлоконструкций.

Сборными элементами заводского изготовления комплектуются железобетонные хранилища, со смешанными каркасами, из клееных деревянных конструкций.

Хранилища построечного изготовления – в основном из местных материалов.

По степени капитальности здания и сооружения для хранения плодов, овощей и картофеля относят к капитальным и временным зданиям. Под степенью (классом) капитальности здания понимают качественную категорию, характеризующую соответствующей долговечностью и устойчивостью его против физического износа. Условно приравнивается к нормативному сроку службы здания. Возраст (срок существования) здания – период времени с момента ввода в эксплуатацию до его ликвидации (снос, полное разрушение и др.).

Срок службы зданий с полным железобетонным каркасом и стропильными конструкциями из железобетонных балок с неагрессивной средой (хранилища лука, чеснока) условно можно принять 60...70 лет, с агрессивной средой – 50...60 лет. В случае применения в покрытии железобетонных ферм срок службы может быть снижен примерно на 10 лет, а с железобетонным покрытием по стальным фермам – на 20 лет. Долговечность зданий с металлическим каркасом можно считать равной 30 годам при эксплуатации в агрессивной

внутренней среде и 40 годам – в неагрессивной среде. Эти сроки службы могут быть приняты в качестве ориентировочных и для хранилищ с каркасом и ограждением из клееных деревянных конструкций.

7.3 Конструкция хранилищ

Здания хранилищ должны отвечать следующим требованиям:

- позволять обеспечивать рациональную организацию технических процессов хранения, товарной обработки, первичной переработки, подготовки продукции к реализации и утилизации отходов производства;
- быть гибкими (в смысле внедрения перспективных технологий хранения и их инженерного обеспечения) и предусматривать в перспективе расширение производства;
- иметь высокие эксплуатационные характеристики, в том числе быть ремонтпригодными, обладать эстетическими свойствами;
- удовлетворять требованиям индустриализации в строительстве, прочности, долговечности, экономичности, пожарной безопасности.

Они должны иметь несложные геометрические формы. Их архитектурный облик должен рационально вписываться в окружающую среду.

Материал стен выбирают с учетом условий эксплуатации ограждения при высокой влажности и возможности осуществления защитных мероприятий. Выпадение конденсата на поверхностях ограждающих конструкций не допускается.

Межсекционные перегородки в охлаждаемых помещениях хранения должны быть с ровной поверхностью, утепленными. В неохлаждаемых помещениях допускается устраивать холодные перегородки, между смежными помещениями с разницей температур не более 5...8°C, например, между помещениями хранения и вентиляционной камерой, транспортным коридором.

Перегородки помещений со складированием продукции в таре, примыкающие с двух сторон к транспортному коридору, не должны иметь проемов, располагающихся друг против друга. Их размеры

следует принимать не менее $24 \times 2,3$ м. Проемы помещений со складированием продукции россыпью, примыкающие к транспортному коридору, рекомендуется принимать равными $3,6 \times 3,6$ м в капустохранилищах и $4,2 \times 4,2$ м – в остальных типах зданий, при этом следует закрывать их раздвижными воротами.

Магистральные каналы выполняют наземными, подземными или заглубленными. В крайних помещениях хранения каналы целесообразно размещать снаружи зданий. Наземные магистральные каналы, размещаемые в помещениях хранения, не должны резко снижать вместимости зданий. Предпочтительно в качестве магистральных каналов использовать конструктивные элементы, поддерживающие наружные стены зданий.

В конструктивном отношении каналы могут быть выполнены каркасными с применением обшивок из стального листа, пиломатериала, древесно-стружечных плит, а также из сборных железобетонных лотковых элементов, монолитного бетона, керамзитобетона, железобетона или сборных железобетонных элементов. Воздухораспределительные элементы покрытия подпольных воздуховодов могут быть из стального просечного листа, деревянных элементов или железобетонных решетчатых плит либо других специальных элементов, при этом верхняя их поверхность должна совпадать с поверхностью пола. Полы выполняют бетонными и располагают на одном уровне.

Для временного хранения овощей применяются бурты и траншеи.

Бурты представляют собой наземные или слегка углубленные кучи овощей, покрытые для защиты от дождя и промерзания утепляющим материалом (соломой, осокой, камышом и т. п.) и присыпанные слоем земли. Ширина буртов может быть $1,5 \dots 2,5$ м, высота $1,0 \dots 1,5$ м в зависимости от вида овощей, длина бурта обычно принимается $10 \dots 25$ м (рисунок 7.1).

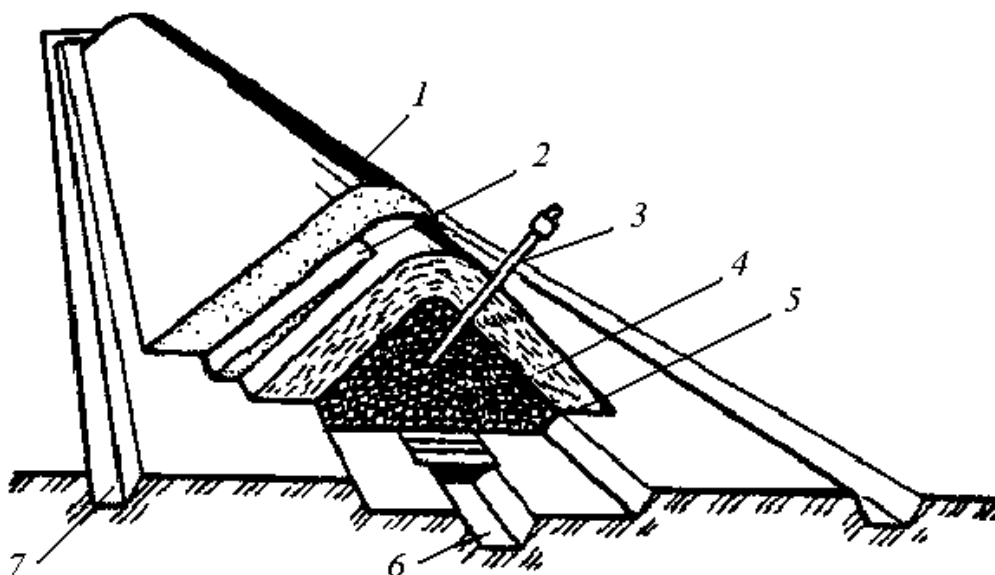


Рисунок 7.1 – Разрез бурта картофеля:

1 – верхний слой земли; 2 – нижний слой земли; 3 – термометр;
4 – картофель; 5 – солома; 6 – приточный канал;
7 – канава для стока воды

Овощи укладывают в бурты навалом с тем, чтобы образовать конусообразную насыпь высотой до 1,5 м, считая от дна котлована, со скатами под углом примерно 45° . Трудно сохраняемые овощи (морковь и др.) укладывают рядами, пересыпая каждый ряд слоем слегка увлажненной земли или песка толщиной 10 мм. Картофель через каждые 200...250 мм пересыпают увлажненной землей слоем 50...70 мм.

Траншеи – это те же бурты, но углубленные в землю на 0,8 м и более, загружаемые таким же образом, как и бурты. Траншеи делают с отвесными или слегка наклонными стенками; ширина траншеи 1...1,2 м, длина 10...25 м.

После загрузки в бурты и траншеи овощи укрывают соломой и слоем грунта для защиты от дождя, легких заморозков и от нагревания солнцем; с наступлением устойчивой холодной погоды, когда температура в бурте и траншее снизится до 4°C , бурты укрывают сверху еще одним слоем земли.

Толщину слоев укрытия принимают в зависимости от климатических условий, глубины промерзания грунта и вида овощей. В центральных районах европейской части России для корнеплодов толщину первого слоя земли в гребне укрытия принимают 200 мм, толщину слоя соломы – 450 мм, толщину второго слоя земли – 100 мм; у основания толщина укрытия несколько больше, чем у гребня.

Вентиляционное оборудование бурта или траншеи состоит из одной горизонтальной решетчатой деревянной трубы квадратного или треугольного сечения с размером каждой стороны 300 мм, проложенной по дну, и вертикальных труб, которые нижними концами примыкают к горизонтальной трубе. Вместо горизонтальной трубы на дне бурта или траншеи может быть выкопана канава глубиной и шириной 200 мм, которую прикрывают хворостом или деревянной решеткой.

Вертикальные трубы делают из досок толщиной 25 мм с просверленными в них отверстиями диаметром не менее 20 мм или из пучков хвороста (фашин). Вертикальные трубы размещают через 4...5 м. Трубы, расположенные по краям, выступают над укрытием бурта или траншеи на 500 мм и заканчиваются железной насадкой. Промежуточные вертикальные трубы оканчиваются в слое соломы. Назначение крайних труб – подводить свежий воздух внутрь бурта и траншеи и распределять его при помощи нижней трубы и промежуточных вертикальных труб по всей массе овощей.

Для устройства буртов и траншей выбирают возвышенный участок, не затопляемый весенними и дождевыми водами, с низким уровнем грунтовых вод и по возможности защищенный от холодных ветров.

Бурты и траншеи размещают на участке с интервалами 7...8 м. При устройстве буртов и траншей на склоне их располагают продольной осью вдоль склона.

В буртах и траншеях можно хранить картофель, капусту и все виды корнеплодов. Хранение связано с серьезными неудобствами, так как овощи нельзя перебирать, осматривать и отпускать частями без риска примораживания остающихся запасов.

В оборудованных (постоянных) хранилищах для картофеля и овощей возможны систематическое наблюдение за качеством овощей, переборка их, регулирование режима хранения.

При устройстве оборудованных хранилищ используют теплоизоляционные свойства земли и по мере возможности заглубляют хранилище в землю, чтобы оградить овощи от сильного охлаждения зимой и перегрева в теплое время года. При этом хранилище не должно затопляться грунтовыми водами и пол его должен быть выше уровня грунтовых вод не менее чем на 1,5 м, что и определяет величину заглубления хранилища.

В заглубленных и полузаглубленных хранилищах значительно уменьшаются теплопотери через стены, а грунт зимой отдает тепло в хранилище, вследствие чего в таких хранилищах наблюдается ровная температура и обеспечивается достаточно устойчивый климатический режим зимой и в теплое время года. Отопление заглубленных хранилищ требуется только в холодных районах страны.

В случаях, когда уровень грунтовых вод расположен на близком расстоянии от поверхности земли, строят наземные хранилища, при этом отметка пола их должна быть выше самого высокого уровня грунтовых вод не менее чем на 1,5 м. Кроме того, наземными строят хранилища для лука-севка, сушильные и сортировочные помещения лукохранилищ, а также помещения для проращивания семенного картофеля.

В наземных хранилищах осуществлять механизацию погрузочно-разгрузочных работ значительно проще, чем в заглубленных.

В наземных обогреваемых хранилищах легче обеспечить оптимальный температурно-влажностный режим для лука-репки и особенно для лука-севка, при хранении и подсушке которого требуются относительно высокая температура воздуха и пониженная относительная влажность. Однако наземные хранилища легко прогреваются в теплое время и легко теряют тепло в морозную, ветреную погоду. Колебания температуры здесь могут быть частыми и более значительными, чем в заглубленных хранилищах, поэтому наземные хранилища во время сильных морозов для поддержания необходимой температуры приходится отапливать. Тем не менее, наземные хранилища удобнее в эксплуатации, а издержки на эксплуатацию их меньше, чем заглубленных.

Вместимость хранилища для конкретного хозяйства выбирают исходя из общего количества продукции, подлежащей длительному хранению, соотношения отдельных видов овощей с учетом дальности их перевозки и целесообразности строительства в составе складского комплекса хранилищ одинакового размера. Более эффективно используются средства механизации и устройства для активного вентилирования овощей в хранилищах большой вместимости, поэтому следует возводить хранилища наибольшей, нужной для данного хозяйства вместимости.

В оборудованных хранилищах картофель и овощи в зависимости от вида хранят в закромах, россыпью без закровов, в контейне-

рах, ящиках, на стеллажах и в штабелях с переслойкой песком или без переслойки.

Картофель и овощи, для хранения которых требуются различные температурно-влажностные режимы, а также разные хозяйственно-биологические сорта, хранят отдельно. В одном помещении при раздельном размещении допускается хранить вместе лук и чеснок; картофель и свеклу; морковь, свеклу и другие корнеплоды.

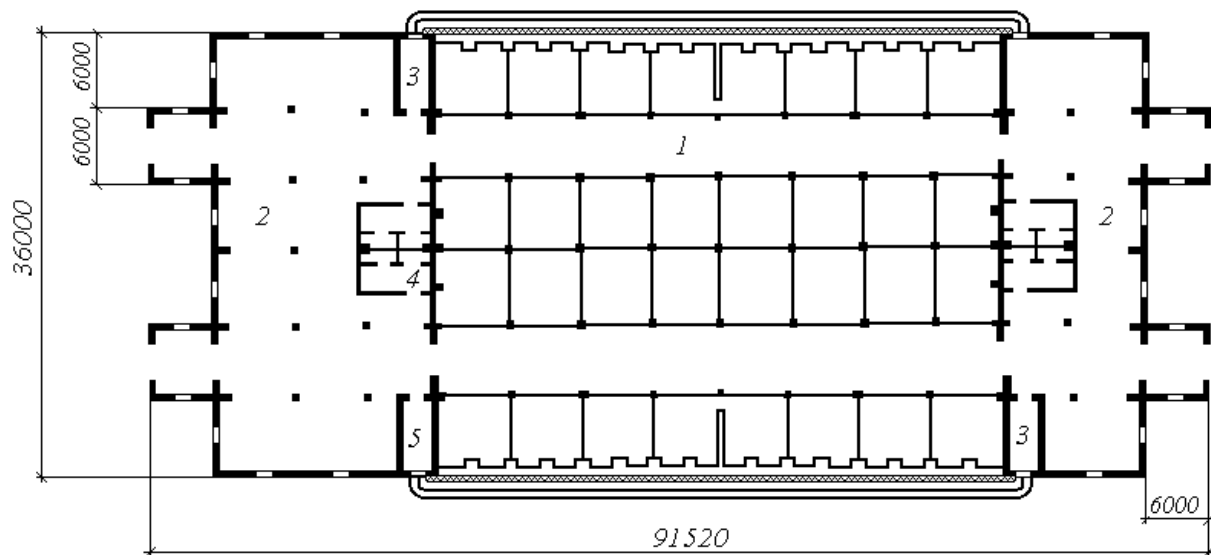


Рисунок 7.2 – Секционное хранилище семенного картофеля вместимостью 3000 т с активной вентиляцией:

1 – помещение для хранения; 2 – помещения для проращивания;
3 – электрощитовые; 4 – венткамеры; 5 – служебное помещение.

В большинстве случаев овощехранилища проектируют в виде прямоугольных в плане зданий с расположением закровов, стеллажей или штабелей двумя или четырьмя рядами по обе стороны от продольных проходов или проездов (рисунок 7.2). Ширину проходов между закромами и штабелями при использовании их для перемещения людей, а также для контроля за продукцией принимают не менее 1 м; при использовании прохода для загрузки, выгрузки и обработки продукции вручную – 1,8 м и при использовании прохода для загрузки, выгрузки и обработки продукции при помощи передвижных механизмов – 2,4 м. Ширину проездов определяют с учетом технологии эксплуатации хранилища и принимают не менее 4 м. При ширине хранилища до 18 м устраивают один продольный (центральный) проезд, а при большей ширине здания – два продольных проезда или поперечные проезды.

В хранилищах делают не менее двух входов или въездов. Для сквозного проезда автомобилей и сквозного проветривания въезды и входы делают в торцевых стенах по продольным осям зданий. В хранилищах вместимостью менее 1000 т может быть один въезд. В районах с расчетной зимней температурой -20°C и ниже въезды ограждают тамбурами. В тамбурах устраивают пандус с уклоном не более 15° для въезда автомашин в хранилище.

Высоту помещений для хранения продукции от пола до низа выступающих конструкций определяют с учетом принятой технологии хранения и оборудования для механизации работ.

Высоту помещения для хранения продовольственного картофеля россыпью (навалом) без устройства закровов принимают на 600...800 мм больше высоты загрузки картофеля.

Компоновку объемно-планировочных решений зданий комплексов ведут из унифицированных секций. Например, при компоновке хранилищ для картофеля, свеклы или брюквы применяются секции размерами в плане 6×36 , 12×36 и 18×36 м, вместимостью соответственно 500, 1000 и 1500 т при хранении продукции россыпью с высотой насыпи 5 м. В этих же секциях при оснащении их общеобменной системой вентиляции можно хранить картофель в контейнерах высотой 5,5 м.

Выбор той или иной секции определяют вместимостью здания, технологией хранения и количеством закладываемых сортов.

В ранее созданных хранилищах наиболее распространенными являются стоечно-балочные системы при сетке координационных осей 6×6 м (см. рисунок 7.2).

Унифицированные секции для компоновки хранилищ-комплексов принимают без промежуточных опор, с укрупненной сеткой координационных осей 12×6 , 18×6 или 24×6 м. С применением таких секций созданы хранилища вместимостью 3000, 5000, 10000 т.

В хранилищах предусматривают следующие подсобные и вспомогательные помещения: сушилки для сушки лука после уборки, сортировочные для обработки продукции, помещение для проращивания картофеля, холодильные камеры для размещения компрессоров и другого холодильного оборудования, вентиляционные камеры для размещения отопительно-вентиляционного оборудования, помещения для хранения машин, инвентаря и тары, котельные для котлоагрегатов, распределительного и контрольного оборудования, щитовые для размещения электросиловых щитов и шкафов автоматического

управления, навесы для обработки (сортировки) продукции в хорошую погоду перед загрузкой ее в хранилища и блок вспомогательно-бытовых помещений – гардеробы, умывальники, душевые, уборные, помещения для обогрева и приема пищи, лаборатории и конторы.

Отдельное помещение для яровизации (проращивания клубней картофеля, отобранных на посадку) устраивают в хранилищах для семенного картофеля (см. рисунок 7.2). В этом помещении поддерживают температуру воздуха 12...20°C. Кроме того, оно должно иметь достаточно хорошее естественное освещение и хорошо проветриваться, поэтому помещение для проращивания семенного картофеля устраивают, как правило, наземным, площадь его устанавливают заданием на проектирование.

Систему охлаждения и отопления в хранилищах оборудуют на основе расчетов в зависимости от параметров воздуха в конкретном климатическом районе и норм тепловлаговыведений овощами, с учетом теплотехнических характеристик ограждающих конструкций хранилищ и грунтовых условий площадки строительства: температуры грунта, наличия вечной мерзлоты, глубины промерзания.

Вентиляционные камеры предусматривают с механической вентиляцией. Изолированные помещения для установки вентиляционного агрегата и устройств для охлаждения и подогрева вентиляционного воздуха располагают у торцевых стен, в средней части зданий или выносят их за пределы помещений.

Конструктивные схемы наземных, полузаглубленных и заглубленных хранилищ характеризуются относительно невысокими несущими массивными или каркасными стенами и в большинстве случаев теплым бесчердачным совмещенным покрытием сборной железобетонной, деревянной или каменной конструкции.

Опорами для совмещенных покрытий железобетонной конструкции служит полный или неполный сборный каркас, состоящий из сборных железобетонных колонн, фундаментных башмаков под колонны сборных железобетонных или монолитных, фундаментных балок длиной 6 м под панельные стены. Фундаменты под несущие массивные стены устраивают из железобетонных плит, ленточных фундаментов и блоков стен подвалов.

Несущими конструкциями совмещенных покрытий являются железобетонные балки длиной 6, 9, 12 м, в индивидуальных проектах – железобетонные сегментные фермы пролетом 18 или 24 м, укладываемые с шагом 6 м.

Ограждающими конструкциями покрытий служат сборные железобетонные плиты размером $6 \times 1,5$ м. Пароизоляция предусматривается рулонная или смазочная. В качестве утеплителя применяют пенобетон, цементный фибролит, керамзит. Кровли устраивают многослойные рулонные с последующей гравийной посыпкой.

В районах, богатых лесом, хранилища возводят с неполным несущим деревянным каркасом, состоящим из системы деревянных стоек, установленных в два ряда вдоль здания, и прогонов, уложенных на стойки.

Вместо деревянных стоек желательно возводить кирпичные столбы, располагаемые вдоль и поперек здания на таких же расстояниях, как и деревянные.

В хранилищах для семенного и продовольственного картофеля, а также свеклы и брюквы высоту насыпи принимают 4 м, а высоту помещений от уровня пола до низа выступающей части несущей конструкции покрытия 4,8 м.

В проектах хранилищ-комплексов высоту насыпи картофеля принимают равной 5 м, затаренного картофеля в контейнеры – 5,5 м, а высоту помещений 6 м.

Для устройства наружных стен применяют эффективные в теплотехническом отношении и дешевые материалы, имеющие достаточно высокую степень долговечности при эксплуатации их в зданиях со специфическим внутренним микроклиматом (высокая влажность при относительно низких температурах).

Для наземных хранилищ с полным железобетонным каркасом применяют панельные стены из легких бетонов и других нетеплопроводных материалов.

В хранилищах с неполным каркасом несущие стены возводят из кирпича, естественного камня, крупных бетонных блоков, а также слоистые кирпичные стены, утепленные пенобетоном, газосиликатом или газобетоном, с защитной кирпичной кладкой с наружной стороны и др.

Кирпичные стены выполняют в двух конструктивных вариантах – гладкие или с пилястрами. При гладких стенах утеплитель располагают с внутренней стороны глади стены, в стенах с пилястрами он

может быть внутри стен. Толщину утеплителя устанавливают в зависимости от климатической зоны, типа хранилища, способа хранения продукции, материала утеплителя.

В стенах полузаглубленных хранилищ облицовка ограждения, включающего полость, заполненную утеплителем, опирается на железобетонные консольные плиты. Стены заглубляют на 0,55...1,3 м и обваловывают снаружи грунтом на высоту 0,7...1,7 м.

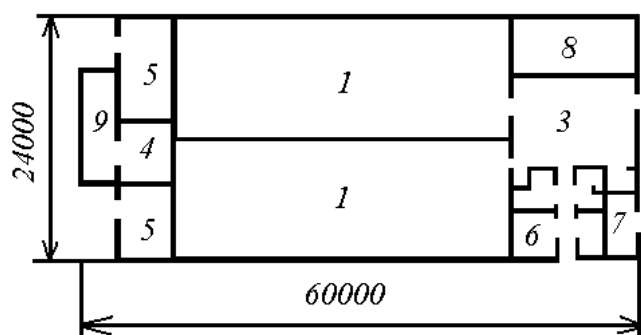
Стены заглубленных хранилищ тщательно защищают от просачивания поверхностных вод. Вокруг хранилищ с наружной стороны делают отстоки шириной не менее 700 мм и водоотводные канавы.

Заглубленные и полузаглубленные хранилища загружаются через люки в покрытиях или стенах. Эти же люки служат для сквозного проветривания, а также для освещения хранилищ при переработке, загрузке и выгрузке овощей. Люки прикрывают двумя щитами, а пространство между щитами на зиму заполняют утепляющим материалом.

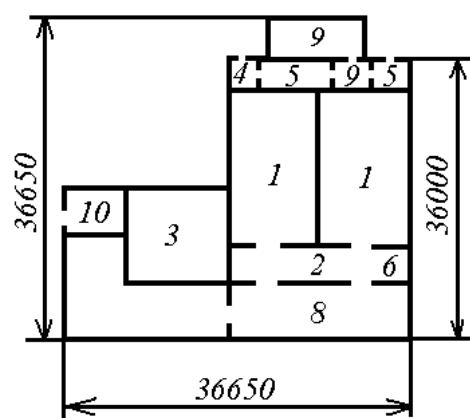
Полы в проездах хранилищ, в камерах с искусственным охлаждением и в помещениях для холодильного, вентиляционного и другого оборудования асфальтобетонные или бетонные, а в помещениях для хранения, в сушилках и в сортировочных – глинобитные, глинобетонные, грунтобетонные, бетонные и асфальтобетонные.

Для сквозного проветривания в хранилищах делают двойные ворота: внешние – сплошные утепленные и внутренние – решетчатые. При проветривании внешние ворота оставляют открытыми, а решетчатые закрытыми. При устройстве тамбура ворота в торцевой стене собственно хранилища делают сплошными утепленными, открывающимися внутрь тамбура. Размеры ворот принимают такими, чтобы был обеспечен свободный проезд транспорта и механизмов, но не менее 3×3 м. Для прохода людей в воротах устанавливают двери размером 800×1800 мм.

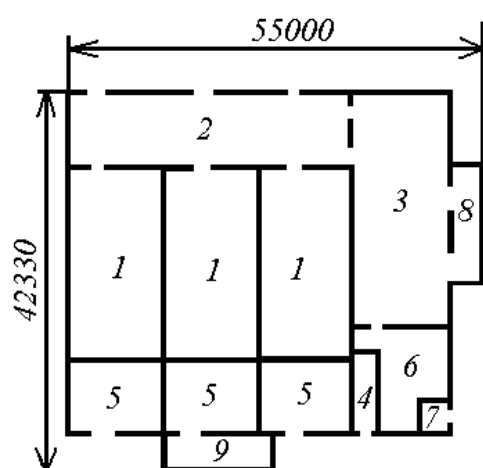
Планировочные решения типовых хранилищ на 1000 т продукции представлены на рисунке 7.3.



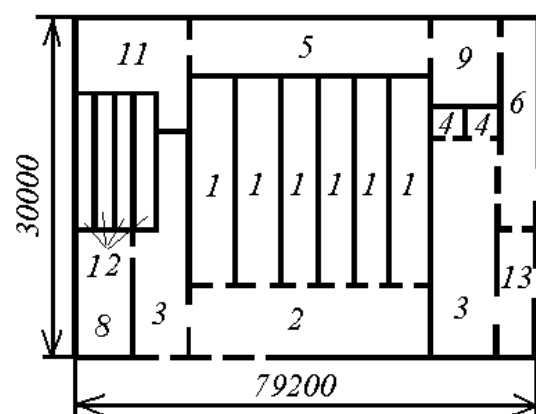
a



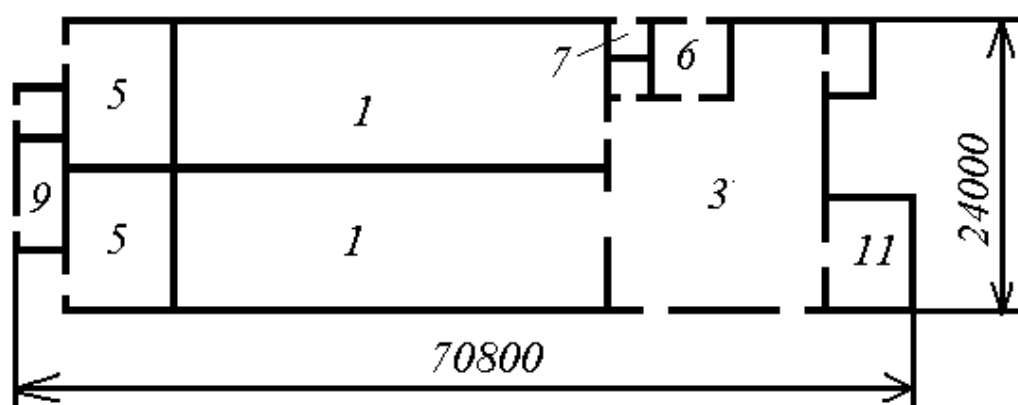
b



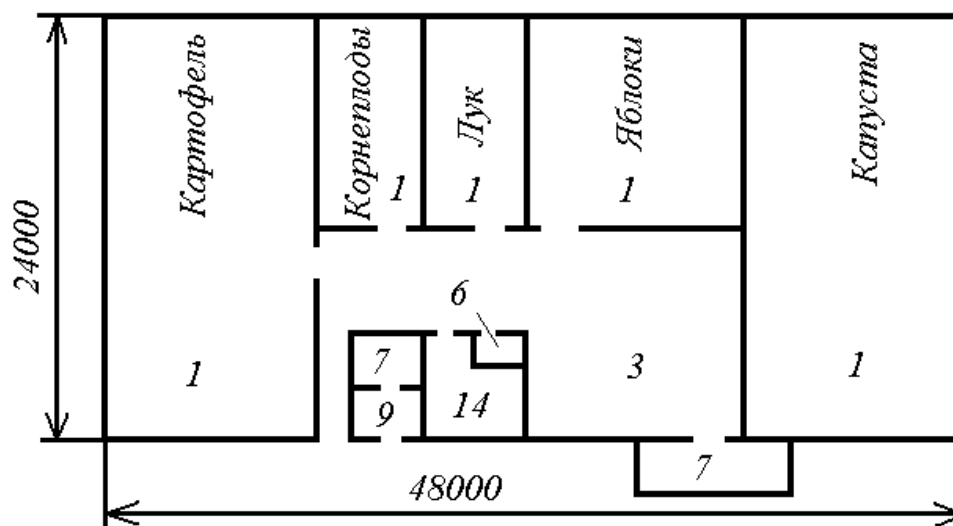
c



d



e



е

Рисунок 7.3 – Планировочные решения хранилищ вместимостью 1000 т:

- а – хранилище для продовольственного картофеля ТП-813-2-70.92;
- б – хранилище для семенного картофеля ТП-813-2-63.91;
- в – хранилище для капусты ТП-813-2-67.91; г – хранилище для лука ТП-813-2-62.90; д – хранилище для моркови ТП-813-2-49.88;
- е – комбинированное хранилище ТП-813-2-25.86; 1 – помещение хранения; 2 – тамбур, грузовой коридор; 3 – цех товарной обработки;
- 4 – электрощитовая; 5 – вентиляционная камера; 6 – бытовые помещения;
- 7 – тепловой пункт; 8 – приемное отделение; 9 – машинное отделение;
- 10 – отделение протравливания; 11 – навес; 12 – сушильный закром;
- 13 – экспедиция; 14 – зарядная.

7.4 Внутреннее оборудование специализированных хранилищ

Картофелехранилища оборудуют закромами шириной 6...7 м и длиной по продольной оси здания не более 6 м. Предельную вместимость закромов для семенного картофеля принимают 50...80 т при высоте загрузки их 2...3 м, а для продовольственного картофеля 80...110 т при высоте загрузки 3...4 м. Минимальную высоту насыпи массива картофеля принимают в районах с расчетными зимними температурами выше -20°C , а максимальную в районах с расчетными температурами ниже -30°C .

Стенки закромов каркасной сборно-разборной конструкции из стальных или деревянных элементов (рисунок 7.4, а, б) делают на 100

мм выше предполагаемой высоты загрузки картофеля. Такая конструкция стенок облегчает загрузку закроев, обеспечивает удобную очистку и дезинфекцию, а при необходимости – их разборку и сборку в процессе эксплуатации.

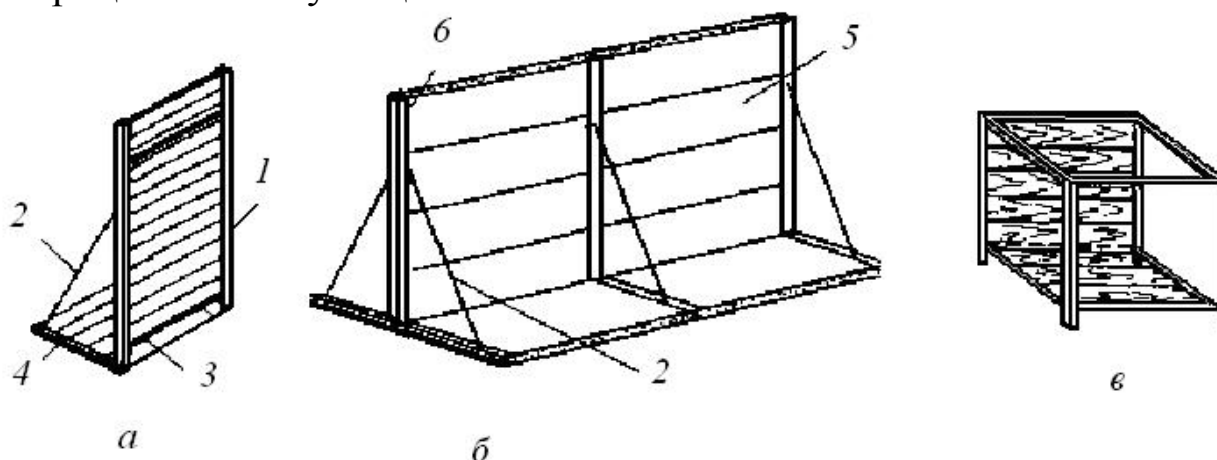


Рисунок 7.4 – Стенки, самостоятельно удерживающие насыпь продукции:

а – из L-образных стальных или деревянных элементов; б – из L-образных стальных или деревянных элементов; в – контейнеров; 1 – стальной L-образный элемент; 2 – тяж; 3 – связь; 4 – настил; 5 – заполнение; 6 – стойка

В хранилищах с естественной и механической обменной вентиляцией для лучшего проветривания картофеля применяют решетчатые стенки закроев с зазорами 20...30 мм, а в хранилищах с активной механической вентиляцией – сплошные из строганных, плотно пригнанных одна к другой обрезных досок. Каркас стенок закроев выполняют из брусьев с учетом бокового давления картофеля при высоте насыпи более 3,5 м.

На городских плодоовощных базах продовольственный картофель практикуют хранить в контейнерах (рисунок 7.4, в). Контейнеры разборные складные и универсальные разных размеров и разной вместимости: наиболее крупные – 900×900×900 мм, объемом 0,7 м³, вместимостью около 450 кг; менее крупные – 800×800×900 мм, объемом около 0,5 м³, вместимостью около 325 кг.

Щиты днищ и стенок разборных контейнеров делают из деревянных планок толщиной 300 и шириной 50 мм, закрепляемых в металлических рамах из уголков 25×25 мм с зазорами между планками 25...30 мм. Боковые стенки складских контейнеров крепят к поддону днищу при помощи петель. Вверху стенки соединяют запорами.

Неразборные универсальные контейнеры делают с крышкой и с наклонным под углом 30° днищем для разгрузки картофеля самоте-

ком без опрокидывания. Контейнеры устанавливают по всей площади хранилища в 3...5 ярусов с зазорами между ними 50 мм при общей высоте складирования 4...5,5 м. Между штабелями контейнеров оставляют проходы шириной не менее 1 м.

При хранении и транспортировании картофеля в контейнерах резко уменьшается количество механических повреждений, наносимых клубням при их перегрузке; упрощается также механизация погрузочно-разгрузочных работ, выполняемых обычно с помощью аккумуляторных электропогрузчиков.

В экспериментальных хранилищах продовольственный картофель хранят сплошной насыпью (навалом) высотой 4...5 м по всей площади помещения без устройства закров и перегородок, что способствует повышению использования площади хранилища.

Помещения для яровизации (проращивания) картофеля оборудуют стеллажами по высоте в пять ярусов. Стеллажи устраивают с сетчатым покрытием разборными комплектами шириной 1200 мм с отступами один от другого 800 мм. Между стеллажами и наружной стеной сделан проход (отступ) шириной 750 мм. Расстояние между ярусами стеллажей 750 мм. Нижняя полка расположена на высоте 250 мм от пола. Борта стеллажей изготавливают из планок шириной 40...50 мм с просветами между ними 20 мм. Картофель укладывают на стеллажи для яровизации в 2...3 ряда, т. е. с загрузкой на каждую сетку стеллажей слоем 150 мм.

Корнеплодохранилища для семенной и продовольственной свеклы и брюквы оборудуют закромами таких же размеров и такой конструкции, как и для хранения продовольственного картофеля. Морковь хранят в контейнерах и ящиках, а прочие продовольственные и семенные корнеплоды – корневые сорта петрушки, сельдерей и репу – в ящиках. Ящики размещают в хранилищах на поддонах пакетами, а контейнеры – штабелями с зазорами между ними 50 мм; предельная ширина пакетов и штабелей 6...7 м, длина до 6 м и высота до 4 м.

В корнеплодохранилищах вместимостью до 250 т можно хранить морковь, петрушку, сельдерей и репу в штабелях непосредственно на глинобитном полу с прослойкой каждого ряда умеренно влажным песком. Корнеплоды укладывают в штабель с отступом от наружных стен 250 мм при длине штабеля до 6 м, ширина в нижней части 1,5 м, в верхней – 1 м.

Между пакетами ящиков, штабелями контейнеров и штабелями корнеплодов, уложенных непосредственно на глинобитном полу и переслоенных песком, оставляют проходы шириной не менее 1 м или проезды шириной не менее 4 м.

Капустохранилища оборудуют закромами таких же размеров в плане, как и закрома в картофелехранилищах или корнеплодохранилищах для свеклы и брюквы. Предельная вместимость закромов 35...40 т при высоте загрузки капусты 2...2,5 м. Стенки закромов делают на 200 мм выше уровня загрузки капусты. Капуста может храниться также в контейнерах, которые устанавливают в штабелях размером 6×7 м и высотой до 4 м с устройством между контейнерами зазоров в 50 мм, а между штабелями контейнеров – соответствующих проходов и проездов.

Капусту можно укладывать на хранение по всей площади хранилища сплошным массивом высотой 2,0...2,5 м или штабелями высотой 1,5 м при длине штабеля до 6 м и ширине его понизу 2 м, а поверху 1,5 м.

Хранилища вместимостью до 250 т могут быть оборудованы стеллажами по высоте в три яруса. Продовольственную и семенную капусту укладывают на стеллажи штабелями в три ряда, т. е. с загрузкой каждой полки стеллажа на высоту до 750 мм. Расстояние между полками стеллажей должно быть 1 м. Нижние полки стеллажей располагают над полом на высоте 250 мм. Ширина стеллажей 2...2,2 м, длина не более 6 м.

По отношению к наружным стенам стеллажи располагают с отступом 200 мм. Конструкция стеллажей разборная. Настил стеллажей состоит из жердей диаметром 50 мм, уложенных в овальные углубления поперечных пластин с просветами 80 мм. Чтобы жерди не сдвигались с места, их можно объединять в щиты подшивными планками. Такая конструкция стеллажей позволяет поперечины не закреплять гвоздями и легко разбирать настил и поперечины при дезинфекции хранилища.

Хранилища для лука-репки оборудуют закромами такой же конструкции, как и для картофеля – шириной до 7 м, длиной не более 3 м, вместимостью до 18 т. Хранилища вместимостью до 100 т допускается оборудовать стеллажами шириной 2,0...2,2 м в три яруса.

Высота загрузки лука-репки в закромах 2,0...2,5 м, а на полках стеллажей – 0,7 м. Расстояние между полками стеллажей должно

быть 1 м, а между полом хранилища и нижней полкой – 250 мм. Просветы в полках стеллажей 15...20 мм.

Хранилища для лука-севка вместимостью до 50 т оборудуют разборными стеллажами по высоте в шесть ярусов, на которых лук-севок хранят насыпью слоем 300 мм. Стеллажи устраивают отдельными комплектами шириной 2,0...2,2 м и длиной до 6 м. Расстояние между полками стеллажей должно быть 500 мм. Полки и борта стеллажей выполняют из планок с просветом 10...15 мм.

В хранилищах вместимостью более 50 т лук-севок хранят в ящиках, которые устанавливают пакетами размером не более 6×6 м в 3...4 яруса по высоте, но не более 4 м, с устройством соответствующих проходов и продольного (центрального) проезда. В закромах лукохранилищах лук-севок и лук-выборок хранят насыпью высотой 2 м.

Технологическое оборудование хранилищ подбирают в зависимости от способа хранения, вида овощей и с учетом экономической и хозяйственной целесообразности использования машин и оборудования в местных условиях.

Для загрузки в закрома картофеля, свеклы и брюквы используют конвейер-загрузчик ТЗК-30. Автосамосвал с грузом въезжает в хранилище и выгружает картофель и овощи в приемный бункер конвейера-загрузчика, который подает картофель и овощи в заком, передняя стенка которого разобрана. По мере загрузки и формирования насыпи переднюю стенку закрома разбирают. После загрузки основных закомов картофель и овощи загружают в приставные закрома.

Для выгрузки картофеля из закомов используют конвейер ТЗК-30, на который вместо приемного бункера навешивают подборщик роторного типа. При выгрузке картофеля конвейер подает его в приемный бункер картофелесортировочного пункта. Обработанный картофель выгрузным конвейером КСП-15 и конвейером ТП-30 загружают в кузов автомашины.

В секционных хранилищах для сортировки, обработки и перемещений лука, моркови и капусты используют сортировальные машины СЛС-7 и систему конвейеров СТХ-30.

Контейнеры и ящики с картофелем и овощами устанавливают в рабочем проезде или в секциях хранилища электропогрузчиком серии 4004А или электроштабелером ЭШ-181, которые применяют и для выгрузки из хранилища.

7.5 Вентиляция хранилищ

Система активной вентиляции предназначена для искусственного продувания воздуха через толщу насыпи хранящегося в закромах или навалом картофеля с целью: просушки его после уборки во время дождя; интенсификации в первый «лечебный» период образования на клубнях раневой перидермы и отложения ряда веществ, защищающих клубни от повреждения микроорганизмами; охлаждения картофеля после «лечебного» периода до оптимальной для хранения температуры; регулирования температуры, регулирования температурно-влажностного режима в массе картофеля, а также и в самом хранилище.

В хранилищах вместимостью более 500 т обычно устраивают не менее двух автономных систем вентиляции, обеспечивающих взаимозаменяемость приточных установок на случай выхода из строя одной из них. Производительность вентиляционного оборудования для хранилищ картофеля принимают из расчета подачи 50...70 м³ воздуха в 1 ч на 1 т картофеля.

Система для активного вентилирования состоит из приточной шахты с жалюзийным заборным отверстием, рециркуляционного воздуховода, реверсивных вентиляторов осевого типа с электродвигателями, подпольных магистральных, распределительных и напольных решетчатых каналов-воздуховодов.

Приточную вентиляционную шахту прямоугольного сечения 2400×1110 мм располагают у наружной стены вентиляционной камеры. Стены шахты от пола до покрытия выкладывают из кирпича толщиной 250 мм и утепляют изнутри минераловатными плитами, газобетоном или пенобетоном. Проем с жалюзийной решеткой для забора наружного воздуха в наземных хранилищах предусматривают в наружной стене шахты, а в полузаглубленных и заглубленных – над покрытием в верхней части шахты.

Рециркуляционный деревянный воздуховод сечением 600×600 или металлический диаметром 600 мм для подачи воздуха из хранилища в вентиляционную систему подсоединяют к приточной шахте и снабжают также шибером. Открытый конец рециркуляционного воздуховода, введенный в помещение, закрывают металлической сеткой.

Реверсивные вентиляторы осевого типа или центробежные, которые создают движение воздуха в системе активной вентиляции, ус-

танавливают в вентиляционной камере на бетонных фундаментах и при помощи металлических переходных устройств присоединяют к воздуховодам системы на фланцах. Приводом вентиляторов служат электродвигатели мощностью 5,6...6,3 кВт. На каждые 500...650 т вместимости хранилища требуется два осевых реверсивных вентилятора с подачей 12000 и 15000 м³ воздуха в 1 ч.

Магистральный канал-воздуховод шириной 900 мм прокладывают под рабочим проходом (проездом). Под каждым закромом магистральный воздуховод имеет ответвление с дроссельной заслонкой или шибером, которым управляют из рабочего прохода при помощи канатов или металлических тяг. Через ответвления вентиляционный воздух нагнетается в подпольное пространство каждого закрома или отсасывается из него. Устройство ответвлений, снабженных регулирующими заслонками под каждым закромом, позволяет проводить раздельное вентилирование закровов с необходимой интенсивностью. Воздух, нагнетаемый вентилятором по магистральному каналу, поступает в массив картофеля через ответвления и решетчатые полы закровов или при сплошных полах – через распределительные подпольные и шатровые решетчатые напольные каналы-воздуховоды. Распределительный подпольный канал-воздуховод делают шириной 530 мм. Для сохранения одинакового напора воздуха в различных частях воздухопроводов высоту магистрального канала уменьшают от 900 мм в начале и до 450 мм в конце, а высоту распределительного канала – до 450... 200 мм. Длину магистральных и распределительных каналов-воздуховодов принимают не более 35 м, длину подпольного пространства под закромами – не более 9 м, а воздухораспределительных каналов – 12 м.

Стены магистральных каналов выполняют из кирпича марки 100 на растворе марки 50, толщиной 380 мм, а распределительных каналов – толщиной 250 мм. Днища каналов толщиной 100 мм из бетона марки М 50. Перекрывают их железобетонными плитами. Внутренние поверхности стен каналов затирают сложным раствором, а наружные поверхности обмазывают горячим битумом.

Решетчатые полы в закромах укладывают по лагам на кирпичных столбиках.

Напольные шатровые каналы располагают на расстоянии между ними в свету 1200 мм, а от параллельной глухой стенки закрома на расстоянии не более 800 мм. Их делают из антисептированных досок,

соединенных в шпунт на планках, или из листовой оцинкованной стали.

В секционных хранилищах подпольные каналы-воздуховоды выполняют из сборных железобетонных лотков переменной высоты, располагая их вдоль секций по тупиковой схеме.

В «лечебный» период и период охлаждения вентиляция полностью работает на наружном воздухе, когда температура его ниже температуры в хранилище (но не ниже 1°C). При температуре наружного воздуха ниже 1°C система работает с частичной или полной рециркуляцией, обеспечивая температуру смеси наружного и внутреннего воздуха не ниже 1°C .

В период, когда температура наружного воздуха выше температуры в хранилище, системы вентиляции работают полностью на рециркуляцию. В период длительного хранения параметры внутреннего воздуха поддерживаются работой систем вентиляции с частичной или полной рециркуляцией.

Для искусственного охлаждения воздуха при весенне-летнем хранении и регулировании относительной влажности воздуха при работе системы на рециркуляцию снаружи хранилища пристраивают льдогенератор с постоянной теплоизоляцией стен. Воздух из хранилища вводится по воздуховоду в верхнюю часть льдогенератора; охлажденный воздух отсасывается снизу льдогенератора металлическим воздуховодом, подсоединенным к приточной шахте. Воздуховоды, входящие в льдогенератор, снабжаются шиберами.

В хранилищах небольшой вместимости применяют также местные стационарные и передвижные холодильные установки с непосредственным испарением. В больших хранилищах применяют машинное охлаждение воздуха, используя централизованные холодильные станции.

Для осушки воздуха в хранилище делают из листовой оцинкованной стали конденсационный теплообменник с приточной шахтой, выведенной наружу непосредственно из помещения для хранения. Теплообменник подсоединяют к рециркуляционной трубе. При устройстве теплообменника воздух из хранилища забирается через специальные клапаны с регулируемыми заслонками. Под теплообменником устраивают лоток для сбора образующегося конденсата.

Для подогрева воздуха используют отопительные установки с различным теплоносителем (горячая вода, пар), а также огневые и электрические калориферы, обеспечивающие пожарную безопас-

ность. Для удаления увлажненного воздуха устраивают вытяжные шахты с регулируемыми клапанами.

Применение систем активной вентиляции позволяет снизить потери картофеля при хранении в 1,5...2,0 раза и значительно уменьшить затраты на эксплуатацию по сравнению с теми же затратами при естественной вентиляции.

7.6 Расчет вентиляционной системы в картофеле- и овощехранилищах

При хранении плодоовощной продукции россыпью предусматривается *активное вентилирование*, а при хранении в таре – *общеобменная вентиляция*.

Система *активного вентилирования* должна обеспечивать подачу в массу продукции наружного или внутреннего воздуха или их смеси с требуемой температурой, а также возможность изменения интенсивности вентиляции в отдельных помещениях (камерах) или частях насыпи продукции.

Система *общеобменной вентиляции* должна обеспечивать подачу в хранилище наружного воздуха, полную или частичную рециркуляцию воздуха с его искусственным охлаждением и увлажнением, а также перемешивание воздуха в объеме хранилища.

Интенсивность вентилирования массы продукции в период охлаждения и лечебный период приведена в приложении 7.1. Зимой (в период основного хранения) приведенные показатели снижаются на 50%.

Производительность системы приточной вентиляции, а также кратность вентиляции в камерах определяются в соответствии с приложением 7.2.

В хранилищах с активной вентиляцией расстояние между воздухораспределяющими каналами должно быть не более 2 м, а скорость воздуха на выходе из воздухоподающих устройств в массу продукции должна быть равной 1...2 м/с. При расчете скорости потока воздуха следует учитывать площадь закрытия продукцией перфорации решеток и щелей на 40...50%.

Воздухоохладители могут быть подвесными, навесными и постаментными.

Постаментные воздухоохладители устанавливают вне полезного объема камер – на антресолях грузовых коридоров; навесные и под-

весные – непосредственно в камерах. При хранении картофеля и овощей россыпью воздухоохладители устанавливают в системе активной вентиляции или в верхней зоне.

При хранении плодоовощной продукции в таре с искусственным охлаждением и использованием воздухоохладителей в большинстве случаев применяется бесканальное воздухораспределение. Дальность воздействия воздушных струй в секциях хранения на картофель и овощи рассчитывают исходя из обеспечения скорости воздуха в конце струи не менее 0,2 м/с.

В результате действия теплопритоков повышается температура в хранилище – для ее снижения и удаления продуктов дыхания – диоксида углерода необходима вентиляция. Интенсивность вентилирования для периода охлаждения продукции до температуры хранения определяют с учетом всех теплопритоков к вентиляционному воздуху.

Сама охлаждаемая продукция является основным источником тепlopоступления, определяемого ее теплоемкостью и дыханием. К дополнительным источникам теплопритоков относятся: тепlopоступление через ограждающие конструкции, теплота от тары, электропривода, освещения, воздуховода и пола.

Расчет интенсивности вентиляции производится по фазам хранения с учетом непрерывного изменения температуры воздуха, поступающего в хранилище и удаляемого из него по мере охлаждения штабеля с продукцией.

Выбор продолжительности каждой фазы зависит от общей продолжительности периода охлаждения и климатических условий данной местности. По многолетним данным метеостанции определяют график изменения температуры наружного воздуха в осенние месяцы (сентябрь-ноябрь) и среднюю температуру для каждой фазы. Расчет по фазам проводят с постепенным снижением конечной температуры охлаждаемой продукции до температуры хранения.

Расчет массового расхода вентиляционного воздуха производится по формуле

$$M_B = \frac{Q_{XO}}{i_H - i_B}, \quad (7.1)$$

где M_B – массовый расход вентиляционного воздуха, кг/с;

$Q_{ХО}$ – баланс теплопритоков в камере в момент охлаждения, принимается равным суммарным теплопритокам, за исключением теплопритока от вентиляции (методика расчета изложена в п. 6.4.3);

i_H, i_B – удельная энтальпия наружного воздуха и воздуха в камере, кДж/кг.

Интенсивность вентиляции определяется из выражения

$$M_H = \frac{3600 \cdot M_B}{\rho \cdot B_M}, \quad (7.2)$$

где M_H – интенсивность вентиляции, м³/т·ч;

ρ – плотность атмосферного воздуха, кг/м³;

B_M – массовая вместимость хранилища по продукту, т.

Тогда объемный расход воздуха (м³/ч) равен

$$M_V = M_H \cdot B_M. \quad (7.3)$$

Подсчитав массовый расход вентиляционного воздуха для всех фаз охлаждения, выбирают его наибольшее значение. Для этого значения массового расхода определяют полную подачу и требуемое давление, которые должен обеспечить вентилятор.

Расчетную подачу вентилятора (м³/ч) определяют по формуле

$$Q_B = \frac{M_B}{n_B}, \quad (7.4)$$

где Q_B – расчетная подача вентилятора, м³/ч;

n_B – число вентиляционных установок.

Обычно для хранилищ вместимостью более 500 т необходимо не менее двух автономных вентиляционных установок. Для расчета составляют схему вентиляции. На рисунке 7.5 приведена схема вентиляции с пятью воздухораспределительными устройствами, с таким же количеством воздухоотводящих каналов и одним магистральным каналом, соединенным с одним вентилятором. Каналы характеризуются диаметром d , длиной L и скоростью потока v . Эти параметры указываются в схеме на сносках к каждому каналу.

Длина L каждого канала соответствует реальным расстояниям расположения воздухораспределителей в камерах.

Для расчета схему разбивают на участки с равным расходом воздуха в каждом из них.

Площадь поперечного сечения магистрального и распределительного вентиляционных каналов определяют исходя из расхода и максимально допустимой скорости движения воздуха по формуле

$$S_B = \frac{Q_{KB}}{3600 \cdot \omega_B}, \quad (7.5)$$

где S_B – площадь поперечного сечения магистрального и распределительного вентиляционных каналов, м^2 ;

Q_{KB} – расход воздуха через рассчитываемый канал, $\text{м}^3/\text{ч}$;

ω_B – скорость движения воздуха через канал, $\text{м}/\text{с}$.

Расчетное полное давление (Па), которое должен развивать вентилятор вычисляют по формуле

$$P_B = 1,1 \cdot \sum (R_{TP} \cdot L_B + R_M) + P_\Gamma, \quad (7.6)$$

где P_B – расчетное полное давление, Па;

$\sum (R_{TP} \cdot L_B + R_M)$ – потери давления на трение и в местных сопротивлениях в наиболее протяженной ветви вентиляционной сети, Па;

P_Γ – гидравлическое сопротивление насыпи продукции, Па;

R_{TP} – удельные потери давления на трение в воздухопроводе, Па/м;

L_B – длина воздухопровода, м;

R_M – потери давления в местных сопротивлениях, Па.

Гидравлическое сопротивление насыпи продукции равно:

$$P_\Gamma = P_Y \cdot H_{ПР}, \quad (7.7)$$

где P_Y – удельное гидравлическое сопротивление насыпи высотой 1 м, Па/м (приложении 7.3);

$H_{ПР}$ – высота насыпи продукции, м.

При движении по системе любой среды: воды, воздуха, рассола – происходят потери давления: на трение о стенки трубы и в местных сопротивлениях (повороты, задвижки, ответвления, перемена сечения трубопровода).

Потери на трение в воздуховодах определяют по формуле

$$R = R_{TP} \cdot L_s = \frac{P_D \cdot \lambda_{TP} \cdot L_B}{D_{BH}}, \quad (7.8)$$

где $P_D = (\rho_B \cdot \omega^2 \cdot L_B)/2$ – динамическое давление воздуха, Па;

λ_{TP} – коэффициент трения, значение которого зависит от шероховатости трубы и режима течения (ламинарный, турбулентный). Режим течения который характеризуется числом Рейнольдса (кг/м·Па):

$$Re = \frac{\omega \cdot D_{BH} \cdot \rho_B}{\mu}, \quad (7.9)$$

где ρ_B – плотность воздуха, кг/м³;

μ – динамическая вязкость потока, Па·с;

ω – скорость движения воздуха, м/с;

L_B – длина трубопровода, м;

D_{BH} – внутренний диаметр трубы, м.

Коэффициент трения:

$$\lambda_{TP} = 0,11 \cdot \left(\frac{K_{TP}}{D_{BH}} + \frac{64}{Re} \right)^{0,25}, \quad (7.10)$$

где $K_{TP}=0,06 \dots 0,20$ – шероховатость стальных труб, мм, для листовой стали $K_{TP}=0,0001$.

Если применяют прямоугольные трубы, то вместо диаметра используют эквивалентный диаметр (м):

$$D_e = \frac{2 \cdot A_B \cdot B_B}{A_B + B_B}, \quad (7.11)$$

где A_B, B_B – длина сторон прямоугольного воздуховода, м.

Потерю давления в местных сопротивлениях (Па) определяют по формуле

$$R_M = \sum P_{MC} \cdot \frac{\rho_B \cdot \omega^2}{2}, \quad (7.12)$$

где P_{MC} – коэффициент местного сопротивления, Па/м.

Мощность привода вентилятора определяют по формуле

$$N = \frac{Q_B \cdot P_B}{1000 \cdot \eta}, \quad (7.13)$$

где N – мощность привода вентилятора, кВт;

P_B – полное давление, развиваемое вентилятором, Па;

η – к.п.д. вентилятора.

Для хранилищ более 500 т необходимо не менее двух автономных вентиляционных установок. Один вентилятор может обслуживать несколько магистральных каналов, каждый из которых обслуживает несколько камер.

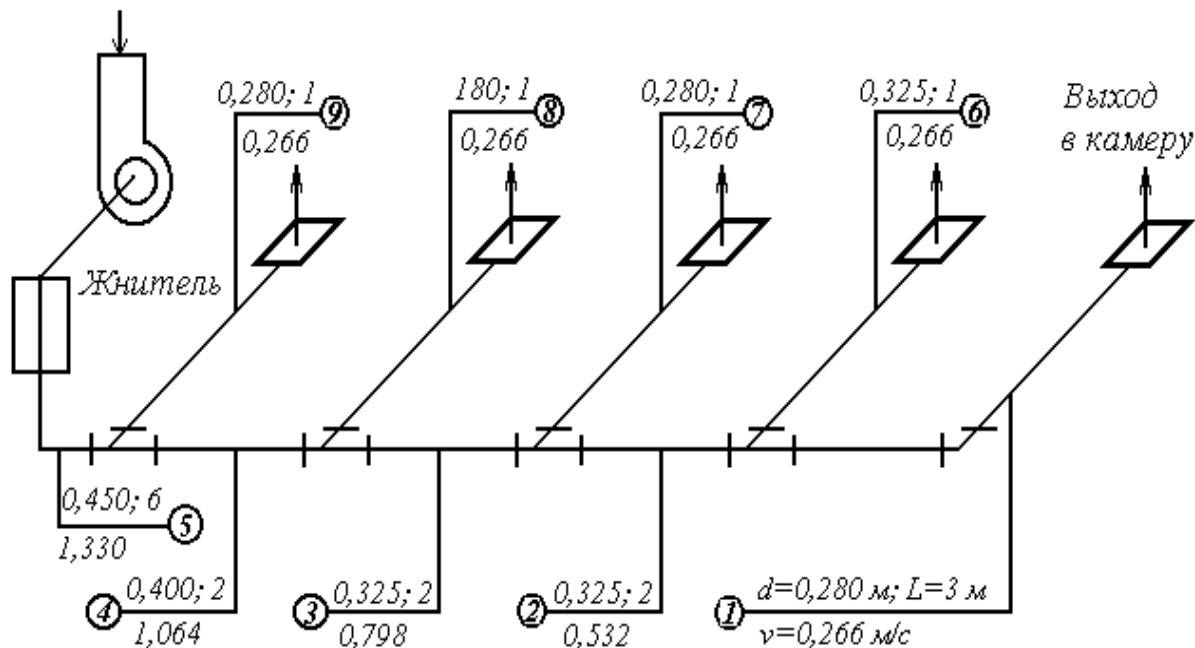


Рисунок 7.5 – Расчетная схема общеобменной вентиляции

После составления схемы вентиляции для всех камер хранилища, определяют количество воздухораспределителей, расположенных по длинным сторонам камеры. Расчетная схема – сеть составляется в плане для всего холодильника и наносится на бумагу. Сеть разбивается на участки с постоянным сечением воздухопроводов и расходом воздуха, как это показано на рисунке 7.5. Участки нумеруются, начиная с самого удаленного по магистрали. На схему наносятся также длина участка, его сечение и расход воздуха. В магистральных каналах скорость воздуха $w \leq 10$ м/с, в распределительных – 5 м/с.

При расчете площади сечения воздуховода предпочтение отдают круглому сечению воздухопроводов из нормируемого ряда: 100, 125, 140, 160, 180, 200, 225, 250, 280, 325, 400, 450, 500, 560, 630, 710, 800, 900, 1000, 1120, 1250, 1400, 1600, 1800, 2000 мм.

Размеры прямоугольных трубопроводов выбирают из ряда: 100, 150, 200, 250, 300, 400, 500, 600, 800, 1000, 1200, 1600, 2000 мм.

После окончательного выбора размера трубопровода определяют фактическую скорость воздуха. Ориентировочные коэффициенты местного сопротивления P_{MC} приведены в приложении 7.4.

Контрольные вопросы: Как классифицируются здания и сооружения для хранения картофеля и овощей? Охарактеризуйте наземные, полузаглубленные и заглубленные хранилища. Чем отличаются бурты от траншей? Как утепляют временные хранилища? Как осуществляется вентиляция во временных хранилищах? Каковы размеры временных хранилищ? Какие требования предъявляются к оборудованным хранилищам? Какова высота помещения для хранения продовольственного картофеля россыпью (навалом) без устройства закровов? Каковы размеры унифицированных секций для хранения корнеплодов? Какие помещения входят в состав сооружения для хранения лука? Каковы особенности сооружений для хранения капусты? Какое оборудование применяется для загрузки и выгрузки картофеля в постоянных хранилищах? Какие установки применяются для активной вентиляции в корнеплодохранилищах? Какое оборудование применяется для охлаждения воздуха при весенне-летнем хранении и регулировании относительной влажности воздуха при работе системы на рециркуляцию?

8 РЕЗЕРВУАРЫ ДЛЯ ХРАНЕНИЯ МОЛОКА. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВМЕСТИМОСТИ И ВРЕМЕНИ НАПОЛНЕНИЯ-ОПОРОЖНЕНИЯ

8.1 Резервуары для хранения молока

Приемка, кратковременное или длительное хранение молока осуществляются во флягах и резервуарах различного типа.

К резервуарам общего назначения относятся молокоприемные баки и емкости для хранения молока. Стенки последних, как правило, имеют термоизоляционный слой. В таких резервуарах-термосах качественные изменения молока при его кратковременном хранении сведены к минимуму.

К резервуарам специального назначения относятся емкостные теплообменные аппараты, предназначенные для качественных изменений молока и получения различных молочных продуктов. К ним относятся охладители молока резервуарного типа, ванны длительной пастеризации, универсальные резервуары, резервуары для созревания сливок и производства кисломолочных напитков и другое технологическое оборудование, имеющее в качестве основного рабочего органа какую-либо емкость.

Фляга представляет собой цилиндрический корпус со сферическим днищем и горловиной, закрываемой крышкой с замком. Крышка шарнирно крепится к усикам, приваренным к опорному обручу, насаженному на горловину. Уплотнительная прокладка, выполненная из пищевой резины и вставленная по окружности в кольцевую канавку крышки при ее закрывании обеспечивает необходимую герметичность фляги. Две ручки для переноса фляги приварены к специальной манжете, насаженной на горловину. Нижний опорный обруч предохраняет корпус фляги от механических повреждений во время эксплуатации.

Промышленность выпускает фляги из нержавеющей стали, алюминия или из специальной листовой стали с последующим лужением. У фляги вместимостью 38 дм³ внутренний диаметр резервуара 340 мм, а диаметр горловины – 170 или 220 мм соответственно при толщине стенки из стали 1,25 мм или из алюминия 3,0 мм.

Алюминиевые фляги ФА-38 легче и дешевле стальных ФЛ-38, но уступают им по прочности и гигиеничности. Масса фляг соответственно 8,5 и 11 кг, высота – 580 мм.

Баки различной вместимости служат для приема молока и накопления его перед обработкой. Их изготавливают из пищевого алюминия, нержавеющей или декапированной стали, с лужением последней оловом марки 01 или 02. Бак имеет прямоугольную форму с отбортовкой по периметру и сверху закрывается съемной крышкой. Для слива молока имеется штуцер с накидной гайкой. К штуцеру присоединен проходной кран. Дно резервуара имеет уклон 1,5...3,0 град. в сторону сливного крана, а углы закруглены плавными радиусами. К днищу резервуаров приварены подставки из углового профиля.

Вакуумированная молочная цистерна состоит из цилиндрического корпуса, двух сферических днищ, крышки и сливного крана. По окружности крышки имеется канавка для плоского резинового кольца, служащего уплотнителем при герметизации цистерны.

Цистерны выпускаются в передвижном и стационарном исполнениях и могут использоваться как в технологических линиях по переработке молока, так и в доильных установках. Чаще других применяются вакуумированные емкости вместимостью 0,6 м³ из алюминиевого сплава.

Резервуары для приема и хранения молока выпускаются двух типов: вертикальные и горизонтальные.

Повышение температуры молока за 24 ч хранения в таких резервуарах при разности температур окружающего воздуха и продукта, равной 24°C, допускается не более чем на 2°C. Краткие технические характеристики резервуаров-термосов приведены в приложении 8.1.

Резервуар-термос представляет собой цилиндрический сосуд, имеющий корпус из алюминиевого листа, и кожух из стального. Пространство между ними заполнено фенолформальдегидным пластиком, служащим термоизоляцией. В верхней части резервуара предусмотрены смотровое окно, светильник, моечное устройство, датчик верхнего уровня и воздушный клапан. Смотровое окно и светильник предназначены для периодического осмотра внутренней полости резервуара. Моечное устройство выполнено в виде двух трубчатых полудуг с отверстиями для подачи раствора. При вытекании моющего раствора из отверстий, трубчатые дуги вращаются за счет возникающих при этом реактивных сил. При этом внутренняя поверхность резервуара равномерно орошается моющим раствором.

Датчик верхнего уровня сигнализирует о заполнении рабочего объема резервуара, а воздушный клапан впускает и выпускает воздух при опорожнении и заполнении резервуара.

В средней части резервуара расположены люк, термометр, кран для отбора проб, устройство для контроля за уровнем молока и стационарная лестница для обслуживания верхней части.

В нижней части термоса имеются перемешивающее устройство, датчик нижнего уровня и опоры. Перемешивающее устройство состоит из центробежного насоса, эжектора, кранов и соединяющих их трубопроводов.

Наполняется резервуар через нижний патрубок. Этот же патрубок служит и для опорожнения емкости путем переключения трехходового крана. Прекращение заполнения или опорожнения сопровождается подачей светового или звукового сигнала.

При отборе проб пользуются специальным краником, а температуру молока контролируют термометром.

Вертикальные резервуары-термосы по сравнению с горизонтальными позволяют лучше использовать высоту помещения, а также быстрее опорожняются.

Горизонтальные резервуары-термосы имеют аналогичное устройство (рисунок 8.1). Они оказывают меньшее давление на опорную поверхность. Их можно вмонтировать в стены перерабатывающего предприятия и таким образом сэкономить его полезную площадь. В этом случае внутри помещения размещают лишь переднюю часть резервуара с приемным и сливным патрубками, люком и контрольными приборами; остальную часть располагают вне помещения и устанавливают над ней легкий навес для защиты от осадков и солнечных лучей.

На крупных перерабатывающих предприятиях могут применяться емкости для хранения молока вместимостью 25 (Г6-ОМГ-25), 50 (В2-ОХР-50) и 100 м³ (В2-ОХР-100). Две последние, как правило, устанавливаются вне зданий.

По конструктивному исполнению резервуары специального назначения делятся на вертикальные и горизонтальные; по назначению – на резервуары-охладители молока, ванны для нагревания молока и универсальные тепловые аппараты; по типу перемешивающего устройства – с лопастными, пропеллерными и специальными мешалками.

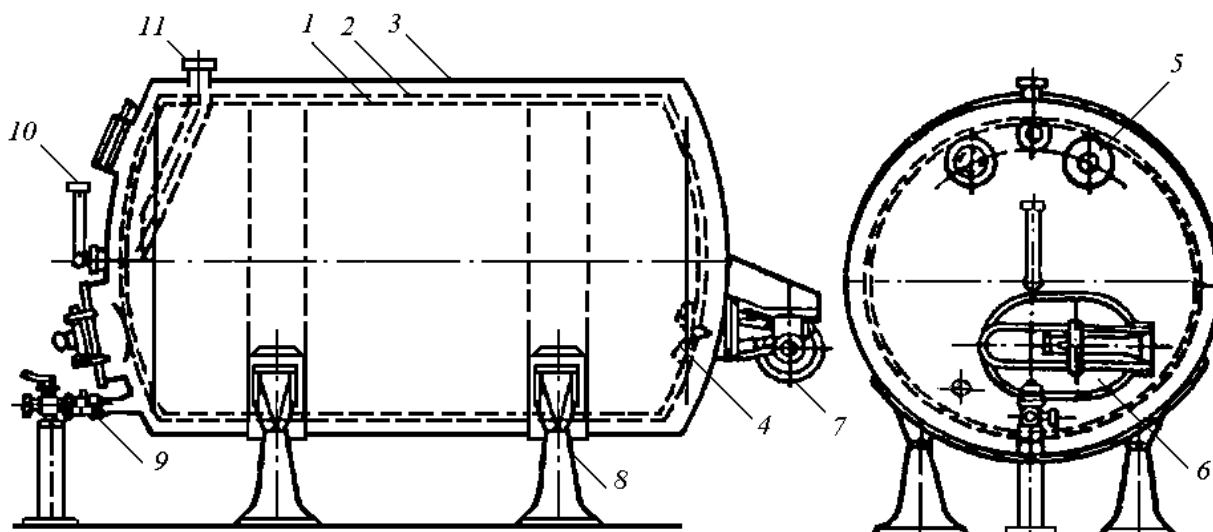


Рисунок 8.1 – Горизонтальный резервуар для хранения молока:

1 – рабочий резервуар; 2 – теплоизоляция; 3 – кожух; 4 – мешалка; 5 – смотровое окно; 6 – люк; 7 – привод мешалки; 8 – опорные ножки; 9 – сливной патрубок; 10 – термометр; 11 – наливная труба

В зависимости от конструкции системы тепловой обработки продукта (охлаждение или нагревание) резервуары делятся на емкости с теплообменной рубашкой, с оросительной системой, с теплообменником в виде змеевика и комбинированным теплообменным устройством.

Молоко в резервуарах-охладителях охлаждают двумя способами: непосредственно кипящим в испарителе хладагентом или посредством промежуточного хладоносителя, т.е. воды или рассола от холодильной установки.

Нагревание молока в ваннах длительной пастеризации или универсальных тепловых аппаратах осуществляется путем подачи в теплообменную рубашку резервуара горячей воды или пропускания через воду, находящуюся в рубашке, пара.

Устройство резервуаров специального назначения рассмотрено на примере оборудования для приготовления кисломолочных продуктов.

Резервуар состоит из внутреннего корпуса (рисунок 8.2) цилиндрической формы, теплообменной рубашки, теплоизоляции и наружного корпуса. Для его заполнения и опорожнения служит патрубок.

Внутри резервуара находится мешалка рамного типа. В нижней его части имеется патрубок для удаления из теплообменной рубашки

тепло- или хладоносителя. Люк для осмотра и ремонта рабочей поверхности расположен в средней части.

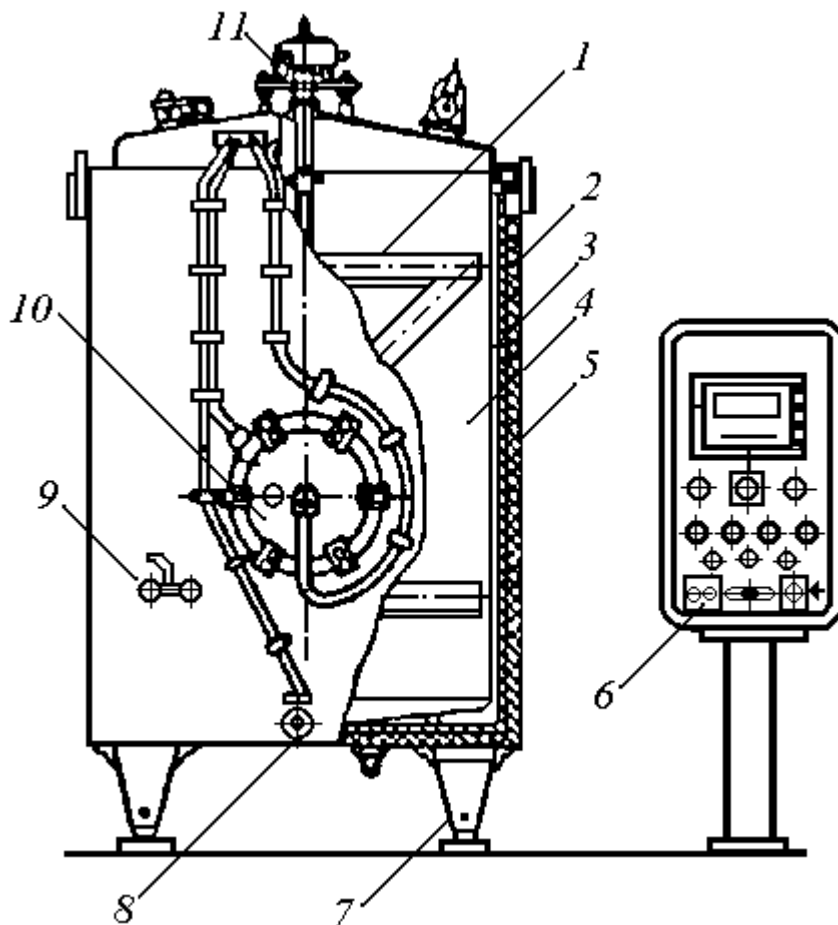


Рисунок 8.2 – Резервуар для приготовления кисломолочных продуктов:

- 1 - мешалка; 2 - теплоизоляция; 3 - теплообменная рубашка; 4 - внутренний корпус; 5 - наружный корпус; 6 - пульт управления; 7 - ножки;
8 - патрубок заполнения-опорожнения; 9 - пробоотборный кран;
10 - люк; 11 - привод мешалки

Моющее устройство, находящееся в верхней части резервуара, представляет собой реактивную вертушку.

Молоко или сливки, предварительно нагретые до температуры сквашивания, а также закваска подаются в резервуар через нижний патрубок насосом.

Перемешивание молока (а впоследствии продукта) осуществляется по мере необходимости мешалкой.

Готовый продукт охлаждается ледяной водой или рассолом. Хладоноситель орошает внешнюю поверхность внутреннего корпуса, вытекая из перфорированной трубы, расположенной по периметру теплообменной рубашки в ее верхней части. Охлаждение продукта осу-

ществляется при его непрерывном перемешивании. Готовый продукт удаляется из резервуара через патрубок и насосом подается на расфасовку.

Ванны длительной пастеризации В1-ВД2-П, Г6-ОПА-600 и Г6-ОПБ-1000 вместимостью соответственно 0,35; 0,6 и 1 м³ несущественно отличаются от описанного резервуара. В них отсутствует орошающая перфорированная труба для подачи хладоносителя. Теплообменная рубашка имеет переливную трубу и парораспределительную головку, к которой через трубопровод подается пар.

Для охлаждения продукта, находящегося в ванне, в теплообменную рубашку подается холодная вода.

Для нагревания и пастеризации продукта в теплообменную рубашку с водой через парораспределительную головку подается пар.

Ванны оборудованы мешалкой пропеллерного типа.

Резервуары универсального типа, также как и ванны длительной пастеризации, позволяют молоко или продукт его переработки подвергать как нагреванию, так и охлаждению.

8.2 Расчет оборудования для хранения молока

Технологический расчет оборудования для хранения молока заключается в определении общей вместимости емкостей, их марки и количества, а также продолжительности их наполнения, использования и опорожнения.

Вместимость емкостей для хранения необработанного молока может быть принята равной 100, 80 и 60 % его суточного поступления соответственно для сыродельных, городских молочных и молочно-консервных заводов. Количество и марку емкостей подбирают, исходя из их технической характеристики.

При наполнении и опорожнении цистерн и емкостей с помощью насоса время выполнения этих операций τ (с) одинаково:

$$\tau = \frac{V_p}{\Pi_n}, \quad (8.1)$$

где V_p – рабочая вместимость цистерны (емкости), м³;
 Π_n – подача насоса, м³/с.

В зависимости от типа емкостей время их опорожнения само-
теком определяют по различным формулам.

Для вертикальных емкостей

$$\tau_{on} = \frac{1,5 \cdot V_p}{f \cdot \mu \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot H}} \cdot \quad (8.2)$$

для горизонтальных емкостей

$$\tau_{on} = \frac{2 \cdot V_p}{f \cdot \mu \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot H}} \cdot \quad (8.3)$$

где f – площадь поперечного сечения патрубка, м²;

μ – коэффициент расхода жидкости, зависящий от ее вязкости (для
молока $\mu = 0,70 \dots 0,75$);

g – ускорение свободного падения, м/с²;

H – высота уровня молока в емкости, м.

В том случае, когда наполнение цистерн осуществляется с по-
мощью вакуумной системы, время выполнения этой операции опре-
деляют по уравнению

$$\tau_{on} = \frac{V_p}{f \cdot \mu \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot \left(H_y + \frac{\Delta P}{\rho \cdot g} \right)}} \cdot \quad (8.4)$$

где H_y – разность уровней, на которых расположены заполняемая и
опорожняемая емкости, м;

ΔP – перепад давлений в заполняемой и опорожняемой емкостях,
Па.

Время использования емкостей для хранения молока зависит от
интенсивности последующих технологических операций по его пере-
работке.

В общем случае сменную пропускную способность емкостей
(м³) определяют из выражения

$$П_{см} = \frac{V_p \cdot \tau_{см}}{\tau_{нап} + \tau_{хр} + \tau_{он}} \cdot \quad (8.5)$$

где $\tau_{см}$ – продолжительность смены, ч;

$\tau_{\text{нап}}$ – продолжительность наполнения емкости, ч;

$\tau_{\text{хр}}$ – продолжительность хранения (переработки) молока в емкости, ч.

В процессе хранения молока изменяется его температура. Поэтому конечную температуру молока после его хранения t_k (°C) необходимо учитывать при разработке технологической схемы получения продукта:

$$t_k = \frac{2 \cdot k \cdot F \cdot \tau_{\text{хр}} \cdot (t_{\text{сп}} - t_n) + 2 \cdot G_m \cdot c_m \cdot t_n}{2 \cdot G_m \cdot c_m + k \cdot F \cdot \tau_{\text{хр}}}, \quad (8.6)$$

где k – коэффициент теплопередачи, Вт/(м²·°C);

F – площадь поверхности емкости, м²;

$\tau_{\text{хр}}$ – продолжительность хранения молока, с;

$t_{\text{сп}}$ – температура окружающей среды, °C;

t_n – начальная температура молока, °C;

G_m – масса молока, кг;

c_m – удельная теплоемкость молока, Дж/(кг·°C) (зависит от температуры продукта и при 0, 15 и 40 °C равна соответственно 3852, 3885 и 3956 Дж/(кг · °C)).

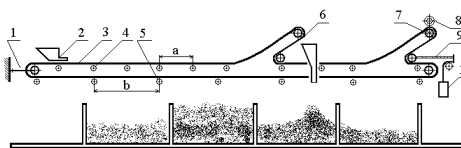
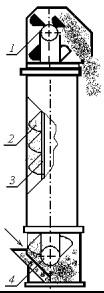
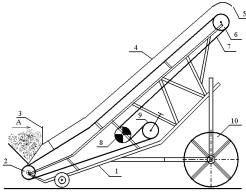
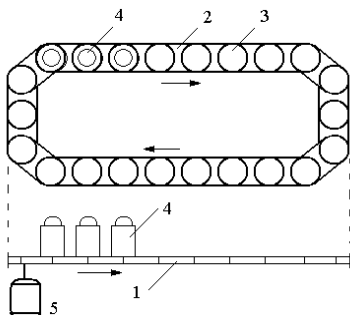
Коэффициент теплопередачи для емкостей с теплоизоляцией, автоцистерн, емкостей без теплоизоляции и неукрытых фляг равен соответственно 1,5...3; 1...2; 5...6 и 9...14 Вт/(м² °C).

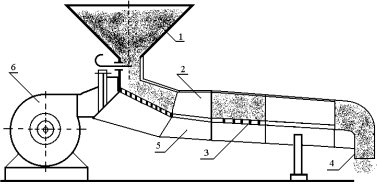
Контрольные вопросы: 1. В каком случае при наполнении и опорожнении автоцистерн продолжительность этих операций одинакова? 2. Как контролируют наполнение молочных емкостей (резервуаров)? 3. Чем различаются емкости общего и специального назначения? 4. Какое требование по температурному режиму предъявляется к емкостям для хранения молока? 5. Как классифицируют емкости специального назначения? 6. В каких случаях нецелесообразно использовать специальные емкости для хранения молока?

ТЕСТОВЫЕ ЗАДАНИЯ

<u>Вопрос № 1</u> В каком транспортере применяется лента?	<u>Фразы:</u> Метательный Скребковый Винтовой Инерционный	<u>Правильный ответ</u> - Метательный
<u>Вопрос № 2</u> Какого вида пневмотранспортеров не бывает?	<u>Фразы:</u> Всасывающих Нагнетательных Напорных Комбинированных	<u>Правильный ответ</u> - Напорных
<u>Вопрос № 3</u> Каковы недостатки пневмотранспортеров?	<u>Фразы:</u> Повышенное потребление энергии Повышенный износ соприкасающихся с грузом рабочих частей Малая производительность Сложность в наладке и обслуживании	<u>Правильный ответ</u> - Повышенное потребление энергии Повышенный износ соприкасающихся с грузом рабочих частей
<u>Вопрос № 4</u> Для каких грузов применяются роликовые транспортеры?	<u>Фразы:</u> Грузы округлой формы Штучные грузы Сыпучие грузы Связные грузы	<u>Правильный ответ</u> - Грузы округлой формы
<u>Вопрос № 5</u> В каком транспортере отсутствует тяговый орган?	<u>Фразы:</u> Ленточный Метательный Пластинчатый Пневматический	<u>Правильный ответ</u> - Пневматический
<u>Вопрос № 6</u> При каких уклонах применяются ленточные транспортеры с гладкой лентой?	<u>Фразы:</u> До 10° До 20° До 40° До 90°	<u>Правильный ответ</u> - До 20°
<u>Вопрос № 7</u> При каких уклонах применяются ленточные транспортеры с рифленой лентой?	<u>Фразы:</u> До 10° До 20° До 40° До 90°	<u>Правильный ответ</u> - До 40°
<u>Вопрос № 8</u> При каких уклонах применяются специальные ленточные транспортеры?	<u>Фразы:</u> До 10° До 20° До 40° До 90°	<u>Правильный ответ</u> - До 90°
<u>Вопрос № 9</u> Для каких грузов применяются ленточные транспортеры?	<u>Фразы:</u> Сыпучих Связных Жидких	<u>Правильный ответ</u> - Сыпучих Штучных

	Штучных	
Вопрос № 10 Какого вида рабочего органа нории не существует?	Фразы: Ковшового Люлечного Полочного Ленточного	Правильный ответ - Ленточного
Вопрос № 11 В каком направлении перемещает грузы нория?	Фразы: Вертикально вверх Вертикально вниз Под наклоном Горизонтально	Правильный ответ - Вертикально вверх
Вопрос № 12 Какие недостатки имеет скребковый транспортер?	Фразы: Малая производительность Большой удельный расход энергии Механическое повреждение груза Сложность в обслуживании	Правильный ответ - Механическое повреждение груза
Вопрос № 13 По какому принципу работает скребковый транспортер?	Фразы: Скольжение груза Аэрирование груза Волочение груза Метание груза	Правильный ответ - Волочение груза
Вопрос № 14 Для каких продуктов применяются ленточно-трубчатые транспортеры?	Фразы: Сыпучих Связных Жидких Штучных	Правильный ответ - Связных
Вопрос № 15 Каким требованиям не должны отвечать транспортерные ленты?	Фразы: Высокая гигроскопичность Высокая гибкость Высокая прочность Высокая износостойкость	Правильный ответ - Высокая гигроскопичность
Вопрос № 16 Каким требованиям должны отвечать транспортерные ленты?	Фразы: Малая гибкость Малая прочность Малая износостойкость Малое удлинение	Правильный ответ - Малое удлинение
Вопрос № 17 Для каких продуктов применяются скребковые, планчатые и пластинчатые транспортеры?	Фразы: Сыпучие Жидкие Твердые Рыхлые	Правильный ответ - Сыпучие
Вопрос № 18 В каком транспортере имеется тяговый орган?	Фразы: Самотечный Вибрационный Аэрожелоб Пневматический	Правильный ответ - Вибрационный
Вопрос № 19 Какое преимущество имеется у пластинчатого транспортера по сравнению с ленточным?	Фразы: Возможность подачи предметов по замкнутому контуру любой конфигурации	Правильный ответ - Возможность подачи предметов по замкнутому контуру

	Высокая производительность Неповреждаемость груза Низкие удельные затраты энергии	ру любой конфигурации
Вопрос № 20 Для каких продуктов применяются винтовые транспортеры?	Фразы: Сыпучих Жидких Связных Штучных	Правильный ответ - Сыпучих
Вопрос № 21 Натяжной механизм ленточного транспортера обеспечивает ... 	Фразы: Оптимальное натяжение ленты Снижение энергозатрат Повышение производительности Снижение производительности	Правильный ответ - Оптимальное натяжение ленты
Вопрос № 22 Какой позицией на рисунке обозначен тяговый орган? 	Фразы: 1 2 3 4	Правильный ответ - 3
Вопрос № 23 Какой вид транспортера изображен на рисунке? 	Фразы: Ленточный Ленточно-трубчатый Скребок Аэрожелоб	Правильный ответ - Ленточно-трубчатый
Вопрос № 24 Какой вид транспортера изображен на рисунке? 	Фразы: Ленточный Скребок Планчатый Пластинчатый	Правильный ответ - Пластинчатый
Вопрос № 25 На чем основана работа аэроже-	Фразы: На аэрировании груза (псев-	Правильный ответ - На аэрировании

лоба? 	доожигении) На скольжении груза по на- клонной плоскости На уносе частиц груза воз- душным потоком На вибрировании и скольже- нии	груза (псевдоожигении)
Вопрос № 26 По какой формуле определяется производительность ленточного конвейера? 1. $P = b \cdot h \cdot v \cdot \rho \cdot k_L$ 2. $P = 0,0131 \cdot D^2 \cdot S \cdot n \cdot \rho \cdot k_{\text{ж}} \cdot C$ 3. $P = b_{\text{ж}} \cdot h_{\text{ж}} \cdot v \cdot \rho \cdot k_{\text{ж}} \cdot C$ 4. $P = \frac{v}{a} \cdot i \cdot \rho \cdot k_K$	Фразы: 1 2 3 4	Правильный ответ - 1
Вопрос № 27 По какой формуле определяется производительность винтового конвейера? 1. $P = b \cdot h \cdot v \cdot \rho \cdot k_L$ 2. $P = 0,0131 \cdot D^2 \cdot S \cdot n \cdot \rho \cdot k_{\text{ж}} \cdot C$ 3. $P = b_{\text{ж}} \cdot h_{\text{ж}} \cdot v \cdot \rho \cdot k_{\text{ж}} \cdot C$ 4. $P = \frac{v}{a} \cdot i \cdot \rho \cdot k_K$	Фразы: 1 2 3 4	Правильный ответ - 2
Вопрос № 28 По какой формуле определяется производительность скребкового конвейера? 1. $P = b \cdot h \cdot v \cdot \rho \cdot k_L$ 2. $P = 0,0131 \cdot D^2 \cdot S \cdot n \cdot \rho \cdot k_{\text{ж}} \cdot C$ 3. $P = b_{\text{ж}} \cdot h_{\text{ж}} \cdot v \cdot \rho \cdot k_{\text{ж}} \cdot C$ 4. $P = \frac{v}{a} \cdot i \cdot \rho \cdot k_K$	Фразы: 1 2 3 4	Правильный ответ - 3
Вопрос № 29 Производственные холодильники предназначены для...	Фразы: связи водного хладотранс- порта с железнодорожным и автомобильным охлаждения, замораживания и кратковременного хранения сырья и готовой продукции первоначальной термической обработки и краткосрочного хранения их до отправки в районы потребления хранения сезонных и теку- щих запасов пищевых про- дуктов, поступающих из дру- гих холодильников	Правильный ответ - охлаждения, за- морозивания и кратковременного хранения сырья и готовой продукции

<u>Вопрос № 30</u> В одноэтажном холодильнике основная нагрузка от продуктов передается на ...	<u>Фразы:</u> стены фундамент колонны грунт	<u>Правильный ответ</u> - грунт
<u>Вопрос № 31</u> Что предусматривается в холодильнике для уменьшения притока тепла и влаги из внешней среды?	<u>Фразы:</u> Непрерывная по всей поверхности термо- и пароизоляция Увеличенная толщина стен и перекрытий Не устанавливается приточно-вытяжная вентиляция Камеры холодильника располагают таким образом, чтобы разность температур между ними была как можно меньше	<u>Правильный ответ</u> - Непрерывная по всей поверхности термо- и пароизоляция
<u>Вопрос № 32</u> Что предусматривается в холодильнике для уменьшения расхода холода?	<u>Фразы:</u> Непрерывная по всей поверхности термо- и пароизоляция Увеличенная толщина стен и перекрытий Не устанавливается приточно-вытяжная вентиляция Камеры холодильника располагают таким образом, чтобы разность температур между ними была как можно меньше	<u>Правильный ответ</u> - Камеры холодильника располагают таким образом, чтобы разность температур между ними была как можно меньше
<u>Вопрос № 33</u> Какова сетка колонн в одноэтажных холодильниках?	<u>Фразы:</u> 6х6 м 6х9 м 6х12 м 9х12 м	<u>Правильный ответ</u> - 6х12 м
<u>Вопрос № 34</u> Какова сетка колонн в многоэтажных холодильниках?	<u>Фразы:</u> 6х6 м 6х9 м 6х12 м 9х12 м	<u>Правильный ответ</u> - 6х6 м
<u>Вопрос № 35</u> Какова высота многоэтажных распределительных холодильников?	<u>Фразы:</u> 3,1...4,5 м 4,6...6,9 м 2,4...3,0 м 7,0...7,5 м	<u>Правильный ответ</u> - 3,1...4,5 м
<u>Вопрос № 37</u> Транспортно-экспедиционные холодильники предназначены для...	<u>Фразы:</u> связи водного хладотранспорта с железнодорожным и автомобильным охлаждением, замораживания и кратковременного хранения	<u>Правильный ответ</u> - связи водного хладотранспорта с железнодорожным и автомобильным

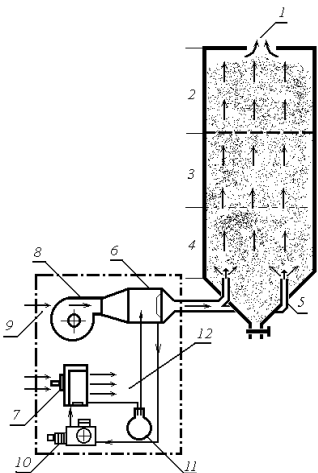
	сырья и готовой продукции первоначальной термической обработки и краткосрочного хранения их до отправки в районы потребления хранения сезонных и текущих запасов пищевых продуктов, поступающих из других холодильников	
Вопрос № 38 Распределительные холодильники предназначены для...	Фразы: связи водного хладотранспорта с железнодорожным и автомобильным охлаждения, замораживания и кратковременного хранения сырья и готовой продукции первоначальной термической обработки и краткосрочного хранения их до отправки в районы потребления хранения сезонных и текущих запасов пищевых продуктов, поступающих из других холодильников	Правильный ответ - хранения сезонных и текущих запасов пищевых продуктов, поступающих из других холодильников
Вопрос № 39 Заготовительные холодильники предназначены для...	Фразы: связи водного хладотранспорта с железнодорожным и автомобильным охлаждения, замораживания и кратковременного хранения сырья и готовой продукции первоначальной термической обработки и краткосрочного хранения их до отправки в районы потребления хранения сезонных и текущих запасов пищевых продуктов, поступающих из других холодильников	Правильный ответ - первоначальной термической обработки и краткосрочного хранения их до отправки в районы потребления
Вопрос № 40 Как подразделяются зерносушилки по характеру использования?	Фразы: На шахтные, барабанные, камерные, трубные На конвективные и контактные На прямоточные и рециркуляционные На стационарные и передвижные	Правильный ответ - На стационарные и передвижные
Вопрос № 41 Как подразделяются зерносушилки по конструктивным признакам?	Фразы: На шахтные, барабанные, камерные, трубные На конвективные и контактные	Правильный ответ - На шахтные, барабанные, камерные, трубные

	ные На прямоточные и рециркуляционные На стационарные и передвижные	
Вопрос № 42 Как подразделяются зерносушилки по характеру движения зерна при сушке?	Фразы: На шахтные, барабанные, камерные, трубные На конвективные и контактные На прямоточные и рециркуляционные На стационарные и передвижные	Правильный ответ - На прямоточные и рециркуляционные
Вопрос № 43 Как подразделяются зерносушилки по способу подвода тепла?	Фразы: На шахтные, барабанные, камерные, трубные На конвективные и контактные На прямоточные и рециркуляционные На стационарные и передвижные	Правильный ответ - На конвективные и контактные
Вопрос № 44 Какие зерносушилки получили наибольшее распространение?	Фразы: Шахтные Барабанные Камерные Трубные	Правильный ответ - Шахтные
Вопрос № 45 Какова температура теплоносителя на входе в напорно-распределительную камеру зерносушилки А1-УЗМ?	Фразы: 40...60 0С 110...130 0С 140...160 0С 170...230 0С	Правильный ответ - 140...160 0С
Вопрос № 46 К какому типу относится зерносушилка СЗШ-16?	Фразы: Шахтная Барабанная Камерная Трубная	Правильный ответ - Шахтная
Вопрос № 47 К барабанным относятся горизонтальные цилиндрические сушилки с ...	Фразы: вращающимся или неподвижным корпусом вращающимся корпусом неподвижным корпусом вибрирующим корпусом	Правильный ответ - вращающимся или неподвижным корпусом
Вопрос № 48 Какая частота вращения барабана зерносушилки?	Фразы: 2...6 об/мин 2...6 об/сек 7...12 об/мин 7...12 об/сек	Правильный ответ - 2...6 об/мин
Вопрос № 49 Сколько секций имеет сушильный барабан зерносушилки	Фразы: Две Четыре	Правильный ответ - Шесть

СЗСБ-8?	Шесть Восемь	
Вопрос № 50 Активное вентилирование ...	Фразы: это интенсивное продувание насыпи зерна атмосферным, подогретым или искусственно охлажденным воздухом, проводимое с целью сохранения количества и улучшения качества зерна в процессе хранения применяют для предотвращения возникновения очагов самосогревания, выравнивания температуры и влажности в зерновой насыпи, уменьшения энергии дыхания, угнетения развития и жизнедеятельности микроорганизмов проводят для затормаживания всех физиологических и микробиологических процессов в насыпях. При этом температуру насыпи снижают до 0...10°C это обработка теплым воздухом, способствует ускорению послеуборочного дозревания, сохраняет жизнеспособность при длительном хранении зерна, повышает их энергию прорастания и всхожесть.	Правильный ответ - это интенсивное продувание насыпи зерна атмосферным, подогретым или искусственно охлажденным воздухом, проводимое с целью сохранения количества и улучшения качества зерна в процессе хранения
Вопрос № 51 Какого вида вентиляционных установок не существует?	Фразы: Стационарного Стационарно-подвесного Напольно-переносного Переносного трубного	Правильный ответ - Стационарно-подвесного
Вопрос № 52 Напольно-переносные вентиляционные установки устанавливают...	Фразы: внутри пола внутри стены поверх пола внутри зерновой массы	Правильный ответ - поверх пола
Вопрос № 53 Стационарные вентиляционные установки монтируют ...	Фразы: внутри пола внутри стены поверх пола под потолком	Правильный ответ - внутри пола
Вопрос № 54 Какие недостатки имеет напольно-переносная вентиляционная установка?	Фразы: Щиты и решетки выступают над уровнем пола и существенно затрудняют применение	Правильный ответ - Щиты и решетки выступают над уровнем пола и

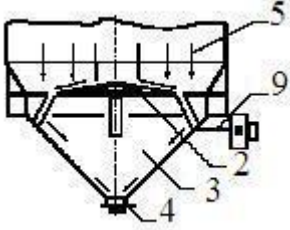
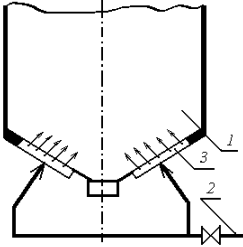
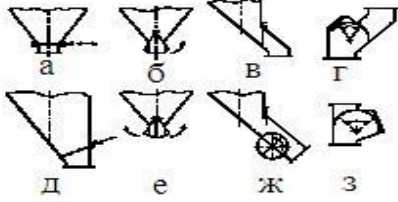
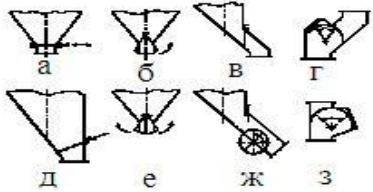
	ние передвижных механизмов Возможно применение только ручного труда при уборке зерна Плохое качество вентилирования из-за конструктивных недоработок Низкий срок службы основных рабочих элементов	существенно затрудняют применение передвижных механизмов
Вопрос № 55 Как обозначаются стационарные вентиляционные установки?	Фразы: УВС СВУ ПВУ ВУС	Правильный ответ - СВУ
Вопрос № 56 Для чего в конструкции предусмотрен запорный поршень?	Фразы: Для регулирования давления в воздухопроводе Для равномерного распределения воздуха по насыпи Для предотвращения попадания внутрь вредителей Для проталкивания воздуха через перфорированные трубы в зерновую массу	Правильный ответ - Для равномерного распределения воздуха по насыпи
Вопрос № 57 Профилактическое вентилирование ...	Фразы: это интенсивное продувание насыпи зерна атмосферным, подогретым или искусственно охлажденным воздухом, проводимое с целью сохранения количества и улучшения качества зерна в процессе хранения применяют для предотвращения возникновения очагов самосогревания, выравнивания температуры и влажности в зерновой насыпи, уменьшения энергии дыхания, угнетения развития и жизнедеятельности микроорганизмов проводят для затормаживания всех физиологических и микробиологических процессов в насыпях. При этом температуру насыпи снижают до 0...10°C это обработка теплым воздухом, способствует ускорению послеуборочного дозревания,	Правильный ответ - применяют для предотвращения возникновения очагов самосогревания, выравнивания температуры и влажности в зерновой насыпи, уменьшения энергии дыхания, угнетения развития и жизнедеятельности микроорганизмов

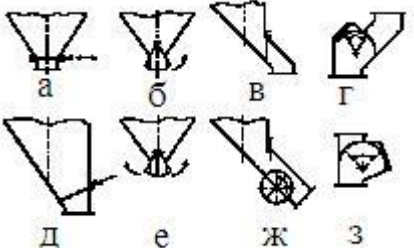
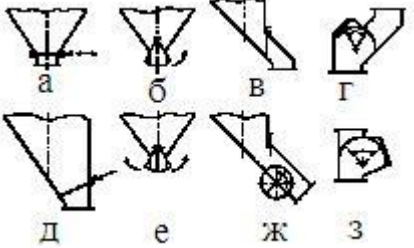
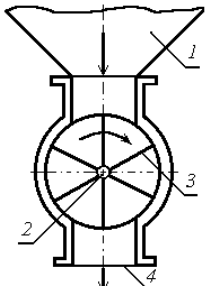
	сохраняет жизнеспособность при длительном хранении зерна, повышает их энергию прорастания и всхожесть.	
Вопрос № 58 Вентилирование с целью охлаждения зерна...	Фразы: это интенсивное продувание насыпи зерна атмосферным, подогретым или искусственно охлажденным воздухом, проводимое с целью сохранения количества и улучшения качества зерна в процессе хранения применяют для предотвращения возникновения очагов самосогревания, выравнивания температуры и влажности в зерновой насыпи, уменьшения энергии дыхания, угнетения развития и жизнедеятельности микроорганизмов проводят для затормаживания всех физиологических и микробиологических процессов в насыпях. При этом температуру насыпи снижают до 0...10°C это обработка теплым воздухом, способствует ускорению послеуборочного дозревания, сохраняет жизнеспособность при длительном хранении зерна, повышает их энергию прорастания и всхожесть.	Правильный ответ - проводят для затормаживания всех физиологических и микробиологических процессов в насыпях. При этом температуру насыпи снижают до 0...10°C
Вопрос № 59 Вентилирование семенного зерна...	Фразы: это интенсивное продувание насыпи зерна атмосферным, подогретым или искусственно охлажденным воздухом, проводимое с целью сохранения количества и улучшения качества зерна в процессе хранения применяют для предотвращения возникновения очагов самосогревания, выравнивания температуры и влажности в зерновой насыпи, уменьшения энергии дыхания, угнетения развития и жизнедеятельности микроорганизмов	Правильный ответ - это обработка теплым воздухом, способствует ускорению послеуборочного дозревания, сохраняет жизнеспособность при длительном хранении зерна, повышает энергию прорастания и всхожесть.

	гани проводят для затормаживания всех физиологических и микробиологических процессов в насыпях. При этом температуру насыпи снижают до 0...10°C это обработка теплым воздухом, способствует ускорению послеуборочного дозревания, сохраняет жизнеспособность при длительном хранении зерна, повышает энергию прорастания и всхожесть.	
Вопрос № 60 Что указано на рисунке позиции 6 и 7 ? 	Фразы: испаритель и конденсатор вентилятор и сборник компрессор и термодатчик испаритель и компрессор	Правильный ответ - испаритель и конденсатор
Вопрос № 61 Какой способ вентиляции зерна в силосах наиболее эффективен?	Фразы: Вертикальный Горизонтальный Наклонный Комбинированный	Правильный ответ - Горизонтальный
Вопрос № 62 По какой формуле определяется продолжительность вентиляции зерна? 1) $\frac{m \cdot 2000}{W \cdot n}$ 2) $\sqrt{4S_6} / \pi$ 3) $\beta \cdot \frac{E \cdot 1000}{N}$ 4) $A \cdot T$	Фразы: 1 2 3 4	Правильный ответ - 1
Вопрос № 63 Как обозначаются тепловые вентиляционные установки?	Фразы: СВУ ПВУ ТВУ ПТА	Правильный ответ - ТВУ

<u>Вопрос № 64</u> Какие здания и сооружения элеватора не относятся к основным производственным?	<u>Фразы:</u> Рабочее здание (башня) Силосные корпуса с конвейерными галереями Сооружения для сушки зерна Административный корпус	<u>Правильный ответ</u> - Административный корпус
<u>Вопрос № 65</u> Элеватором называют ...	<u>Фразы:</u> зернохранилище, которое состоит из разного числа силосов сооружение для механизированного хранения зерна и выполнения с ним необходимых операций сооружение для разгрузки зерна с железнодорожного, автомобильного и водного транспорта и погрузки зерна на средства этих видов транспорта зернохранилище высотой более 60 м с оборудованием для очистки и сушки зерна	<u>Правильный ответ</u> - сооружение для механизированного хранения зерна и выполнения с ним необходимых операций
<u>Вопрос № 66</u> Силосный корпус это ...	<u>Фразы:</u> сооружения для разгрузки зерна с железнодорожного, автомобильного и водного транспорта и погрузки зерна на средства этих видов транспорта зернохранилище, которое состоит из разного числа вертикальных башен сооружение для механизированного хранения зерна и выполнения с ним необходимых операций зернохранилище высотой более 60 м с оборудованием для очистки и сушки зерна	<u>Правильный ответ</u> - зернохранилище, которое состоит из разного числа вертикальных башен
<u>Вопрос № 67</u> В элеваторах на 1 т зерна приходится ...	<u>Фразы:</u> 1,5...1,7 м³ 2,5...3,0 м³ 1,2...1,5 м³ 1,7...2,5 м³	<u>Правильный ответ</u> - 1,5...1,7 м³
<u>Вопрос № 68</u> Пол первого этажа рабочего здания элеватора заглубляется на ...	<u>Фразы:</u> 0,8...2,5 м 2,0...3,5 м 3,0...4,5 м 1,6...3,0 м	<u>Правильный ответ</u> - 0,8...2,5 м

<u>Вопрос № 69</u> Каково отношение высоты и диаметра в силосе ?	<u>Фразы:</u> H>5D H<2D H<5D H>2D	<u>Правильный ответ</u> - H>5D
<u>Вопрос № 70</u> Диаметры круглых силосов при проектировании элеваторов принимают кратными...	<u>Фразы:</u> 3 м 4 м 5 м 6 м	<u>Правильный ответ</u> - 3 м
<u>Вопрос № 71</u> Для силосных корпусов с квадратными силосами сетку разбивочных осей принимают ...	<u>Фразы:</u> 3х3 м 2х2 м 6х6 м 5х5 м	<u>Правильный ответ</u> - 3х3 м
<u>Вопрос № 72</u> Какова максимальная высота силоса?	<u>Фразы:</u> 20 м 30 м 40 м 50 м	<u>Правильный ответ</u> - 30 м
<u>Вопрос № 73</u> Какова максимальная длина силосного корпуса?	<u>Фразы:</u> 24 м 48 м 36 м 60 м	<u>Правильный ответ</u> - 48 м
<u>Вопрос № 74</u> Какова максимальная ширина силосного корпуса?	<u>Фразы:</u> 24 м 36 м 42 м 48 м	<u>Правильный ответ</u> - 42 м
<u>Вопрос № 75</u> Нижняя часть силоса обычно делается в виде воронки с углом ...	<u>Фразы:</u> 30...45 ° 45...60 ° 60...90 ° 90...120 °	<u>Правильный ответ</u> - 45...60 °
<u>Вопрос № 76</u> Элеваторы предназначаются для хранения сухого товарного зерна с установленной влажностью ...	<u>Фразы:</u> не более 14...15% 16...18% 19...20% более 20%	<u>Правильный ответ</u> - не более 14...15%
<u>Вопрос № 77</u> Для устранения сводообразования при разгрузке силоса не приме-	<u>Фразы:</u> вибрацию стенок силоса с помощью вибратора	<u>Правильный ответ</u> - окрашивание специальной крас-

няют...	вибрацию воронки с помощью вибратора подачу импульса воздуха в зону сводообразования окрашивание специальной краской с высоким коэффициентом трения внутренней стороны	кой с высоким коэффициентом трения внутренней стороны
Вопрос № 78 Что указано на рисунке позицией 2? 	Фразы: воронка конус вибратор выпускное отверстие	Правильный ответ - конус
Вопрос № 79 Какова максимальная амплитуда колебаний вибратора?	Фразы: 2 см 4 см 6 см 8 см	Правильный ответ - 6 см
Вопрос № 80 Какая технологическая операция показана на рисунке? 	Фразы: Псевдооживление зерна Газация зерна Вентиляция зерна Сушка зерна	Правильный ответ - Псевдооживление зерна
Вопрос № 81 Что указано на рисунке б) ? 	Фразы: Вращающаяся лопастная заслонка Секторная заслонка Сдвоенная секторная заслонка Вращающаяся заслонка	Правильный ответ - Секторная заслонка
Вопрос № 82 Что указано на рисунке е) ? 	Фразы: Вращающаяся лопастная заслонка Секторная заслонка Сдвоенная секторная заслонка Вращающаяся заслонка	Правильный ответ - Сдвоенная секторная заслонка

Вопрос № 83 Что указано на рисунке ж) ? 	Фразы: Вращающаяся лопастная заслонка Секторная заслонка Сдвоенная секторная заслонка Вращающаяся заслонка	Правильный ответ - Вращающаяся лопастная заслонка
Вопрос № 84 Что указано на рисунке г) и з) ? 	Фразы: Вращающаяся лопастная заслонка Секторная заслонка Сдвоенная секторная заслонка Вращающаяся заслонка	Правильный ответ - Вращающаяся заслонка
Вопрос № 85 Что обозначает позиция 2? 	Фразы: Вал Ротор Ось Барaban	Правильный ответ - Ротор
Вопрос № 86 Производительность винтового разгрузителя регулируется...	Фразы: частотой вращения продольного шнека количеством шнеков в днище воронки частотой вращения поперечного шнека одновременным изменением частоты вращения всех шнеков	Правильный ответ - одновременным изменением частоты вращения всех шнеков
Вопрос № 87 По какому признаку не классифицируют зерносклады?	Фразы: По способу размещения По степени механизации По сроку хранения По емкости	Правильный ответ - По емкости
Вопрос № 88 Закромные зерносклады - это зерносклады ...	Фразы: в которых зерно хранится в отдельных бункерах где зерно хранят в отдельных емкостях где зерно хранят насыпью на	Правильный ответ - где зерно хранят в отдельных емкостях

	горизонтальном или наклонном полу, а семенное зерно - в таре на горизонтальном полу в которых зерно хранится насыпью на полу и в отдельных емкостях - бункерах или закромах	
Вопрос № 89 Напольные зерносклады - это зерносклады ...	Фразы: в которых зерно хранится в отдельных бункерах в которых зерно хранится насыпью на полу и в отдельных емкостях - бункерах или закромах где зерно хранят насыпью на горизонтальном или наклонном полу, а семенное зерно - в таре на горизонтальном полу где зерно хранят в отдельных емкостях - закромах (отсеках)	Правильный ответ - где зерно хранят насыпью на горизонтальном или наклонном полу, а семенное зерно - в таре на горизонтальном полу
Вопрос № 90 Комбинированные зерносклады - это зерносклады ...	Фразы: где зерно хранят в отдельных емкостях - закромах (отсеках) где зерно хранят насыпью на горизонтальном или наклонном полу, а семенное зерно - в таре на горизонтальном полу в которых зерно хранится насыпью на полу и в отдельных емкостях - бункерах или закромах в которых зерно хранится в отдельных бункерах	Правильный ответ - в которых зерно хранится насыпью на полу и в отдельных емкостях - бункерах или закромах
Вопрос № 91 В зерноскладах не используются следующие технологические приемы?	Фразы: Механизация транспортных и погрузочно-разгрузочных работ Контроль температуры и влажности зерна Газация для уничтожения вредителей Дополнительная обработка зерна перед и в процессе хранения с целью поддержания его качества (очистка, сушка, охлаждение, дезинсекция и т.п.).	Правильный ответ - Газация для уничтожения вредителей
Вопрос № 92 Загрузка зернохранилища осуще-	Фразы: наклонного скребкового транс-	Правильный ответ - ленточного

ствляется с помощью...	портера ленточного транспортера, расположенного вдоль зер- носклада пневмотранспортера винтового транспортера	транспортера, рас- положенного вдоль зерносклада
<u>Вопрос № 93</u> Сколько этапов занимает процесс выгрузки зерна из хранилища с ровным полом?	<u>Фразы:</u> Один Два Три Четыре	<u>Правильный ответ</u> - Два
<u>Вопрос № 94</u> Сколько этапов занимает процесс выгрузки зерна из хранилища с наклонным полом?	<u>Фразы:</u> Один Два Три Четыре	<u>Правильный ответ</u> - Один
<u>Вопрос № 95</u> Какова максимальная вмести- мость закровов для семенного зерна?	<u>Фразы:</u> 5 т 15 т 25 т Не нормируется	<u>Правильный ответ</u> - 25 т
<u>Вопрос № 96</u> Какова максимальная вмести- мость закровов для фуражного зерна?	<u>Фразы:</u> 5 т 15 т 25 т Не нормируется	<u>Правильный ответ</u> - Не нормируется
<u>Вопрос № 97</u> Закрома располагают группами в ...	<u>Фразы:</u> 2...4 ряда с образованием между ними продольных проходов с шириной не менее 2 м. 3...5 ряда с образованием между ними продольных проходов с шириной не менее 2,5 м. 2...4 ряда с образованием между ними продольных проходов с шириной не менее 3 м. 4...5 ряда с образованием между ними продольных проходов с шириной не менее 3,5 м.	<u>Правильный ответ</u> - 2...4 ряда с обра- зованием между ними продольных проходов с шири- ной не менее 2 м.
<u>Вопрос № 98</u> Ширина поперечных проходов в закромных зерноскладах...	<u>Фразы:</u> 1,5 м и расстояния между ними не более 18 м. 2,0 м и расстояния между ними не более 15 м. 2,5 м и расстояния между ними не более 9 м. 3,0 м и расстояния между ними не более 12 м.	<u>Правильный ответ</u> - 1,5 м и расстоя- ния между ними не более 18 м.

Вопрос № 99 Высота насыпи зерна при напольном хранении обычно не превышает...	Фразы: у стен 2,5 м, а посередине зерносклада 6 м. у стен 2,0 м, а посередине зерносклада 5 м. у стен 1,5 м, а посередине зерносклада 6 м. у стен 2,5 м, а посередине зерносклада 5 м.	Правильный ответ - у стен 2,5 м, а посередине зерносклада 5 м.
Вопрос № 100 Активную вентиляцию зерна применяют для...	Фразы: насыщения кислородом зерна понижения температуры и влажности зерна удаления углекислого газа скопившегося внутри зерновой массы обогрева теплым воздухом в холодный период	Правильный ответ - понижения температуры и влажности зерна
Вопрос № 101 Для сохранения одинакового напора воздуха в различных частях вентиляционных каналов...	Фразы: их глубину уменьшают по мере удаления канала от вентиляционного агрегата их ширину уменьшают по мере удаления канала от вентиляционного агрегата увеличивают количество вентиляторов увеличивают производительность вентиляторов	Правильный ответ - их глубину уменьшают по мере удаления канала от вентиляционного агрегата
Вопрос № 102 По какой формуле определяется производительность ковшового элеватора? 1. $P = b \cdot h \cdot v \cdot \rho \cdot k_{\text{д}}$ 2. $P = 0,0131 \cdot D^2 \cdot S \cdot n \cdot \rho \cdot k_{\text{ж}} \cdot C$ 3. $P = b_{\text{ж}} \cdot h_{\text{ж}} \cdot v \cdot \rho \cdot k_{\text{ж}} \cdot C$ 4. $P = \frac{v}{a} \cdot i \cdot \rho \cdot k_{\text{к}}$	Фразы: 1 2 3 4	Правильный ответ - 4

ГЛОССАРИЙ

Автоклав (от авто... и латинского *clavis* – ключ), аппарат для проведения различных процессов при нагреве и под давлением выше атмосферного.

Автомат – аппарат (машина, прибор, устройство), после включения самостоятельно выполняющий ряд заданных операций.

Агрегат – соединение для общей работы двух или нескольких разнотипных машин, например шприц и клипсатор.

Активное вентилирование – это интенсивное продувание насыпи зерна атмосферным, подогретым или искусственно охлажденным воздухом, проводимое с целью сохранения количества и улучшения качества зерна в процессе хранения.

Арматура железобетонных конструкций – неотъемлемая составная часть железобетонных конструкций, предназначенная для усиления бетона, воспринимающая растягивающие (реже – сжимающие) усилия.

Аппарат – прибор, техническое устройство, приспособление.

Аэрожелоб – установка для активного вентилирования хранящихся партий зерна, а также для механизированной разгрузки складов.

Бункер – емкость для обрабатываемого материала, разгружающаяся через нижнюю часть, оборудованную затворами и питателями для регулирования выпуска материала.

Вентилятор – устройство для подачи воздуха или др. газа под давлением обычно до 0,15 МПа (для проветривания помещений, транспортирования аэросмесей по трубопроводам и т.д.). Различают вентиляторы центробежные и осевые.

Зерносклады – это сооружения с горизонтальными или наклонными полами, предназначенные для хранения зерна насыпью по всей площади склада.

Зерносушилка - специальное оборудованное помещение для сушки зерна.

Калорифер – теплообменник (пластинчатый, из гладких труб и т. д.) для нагрева воздуха в системах воздушного отопления, вентиляции и в сушилках.

Компрессор – устройство для сжатия и подачи какого либо газа под давлением не ниже 115 кПа. По принципу действия ком-

прессоры аналогичны соответствующим насосам (например, центробежный компрессор).

Конвейер – транспортная установка или машина непрерывного действия.

Машина – устройство, выполняющее механические движения с целью преобразования механической энергии в полезную работу.

Кровля здания, сооружения – верхнее ограждение (оболочка) крыши или покрытия здания (сооружения), непосредственно подвергающееся атмосферным воздействиям.

Строительный квадрат – площадь с разбивочными осями 6×6; 6×12 или 6×18 м соответственно по длине и ширине здания.

Холодильник – сооружение для охлаждения, замораживания и хранения сырья и готовой продукции.

Циклон – аппарат для сухой очистки или разделения воздуха и газов от пыли или какого-либо сухого продукта.

Элеватор – сооружение для механизированного хранения зерна и выполнения с ним необходимых операций.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1.1 – Технические данные конвейеров

Показатели	A9-K1-1.5,0	A9-K1-0.5,0	A9-K1-1.10,0	A9-K1-1.10,0
Производительность, км/ч	5000	5000	10000	10000
Ширина ленты, м	0,77	0,77	0,97	0,97
Скорость движения ленты, м/с	0,12	0,10	0,15	0,15
Масса, кг	1050	850	1150	1050

Примечание. Для всех видов марок мощность электродвигателя – 0,75 кВт, высота загрузки – 1,1 м; для A9-K1-1.5,0 и A9-K1-1.10,0; высота разгрузки – 1,6 м, расход воды – 1 м³/т.

Приложение 1.2 – Технические данные горизонтальных винтовых конвейеров

Показатели	УШ2Ч 1612	УШ2Ч 2016	УШ2Ч 2520	УШ2Ч 3225
Диаметр винта, м	0,16	0,20	0,25	0,32
Шаг винта, м	0,125	0,16	0,20	0,25
Производительность (т/ч) при частоте вращения 70...75 мин ⁻¹ и насыпной плотности материала, кг/м ³ :				
750	3,0	5,5	10,5	23
500	2,0	3,7	7,0	15,3
250	0,8	1,6	3,2	6,5

Приложение 1.3 – Технические данные роликовых конвейеров

Показатели	КТО	A9-K2-1.5,0	A9-K2-0.5,0	A9-K2-1.10,0	A9-K2-0.10,0	A9-K2-1.15,0	A9-K2-0.15,0
Производительность, кг/ч	1000	5000	5000	10000	10000	15000	15000
Расход воды, м ³ /ч	0,3	1,0	-	1,0	-	1,0	-
Скорость движения роликового полотна, м/с	0,12	0,15	0,15	0,15	0,15	0,1... 0,18	0,1... 0,18
Ширина роликового полотна, м	0,55	0,8	0,8	1,0	1,0	1,2	1,2

Приложение 1.4 – Техническая характеристика элеваторов Р9-КТ2-Э

Показатели	Р9-КТ2-Э	Р9-КТ2-Э-01	Р9-КТ2-Э-02	Р9-КТ2-Э-03
Число прямых секций	3	2	1	-
Высота загрузки, м	0,7	0,7	0,7	0,7
Высота подъема, м	3,9	3,245	2,59	1,953
Габаритные размеры, м				
Длина	4,88	4,42	3,96	3,50
Ширина	0,83	0,83	0,83	0,83
Высота	4,49	3,835	3,18	2,525

Приложение 4.1 – Минимальные значения удельной подачи атмосферного воздуха при вентилировании для снижения температуры зерна (не менее), м³/(ч·т)

Влажность зерна, %		Тип установки				
зерновых и бобовых культур (кроме кукурузы в початках)	масличных культур (подсолнечника и клещевины)	СВУ-63	УСВУ-62	СВУ-2	СВУ-1	ПЗП-55
16	8	25	25	35	40	30
18	9	30	35	45	50	40
20	10	45	55	70	80	60
22	11	65	80	110	130	95
24	12	90	115	165	210	140
26	13	120	160	240	-	200

Приложение 4.2 – Примерная фактическая производительность вентиляторов при вентилировании зерна на различных установках, тыс. м³/ч

Культура	Установка	Высота насыпи, м	Вентилятор				
			ВМ-200	СВМ-5	Проходка 500·2 М	СВМ-6	АЖТ-2
1	2	3	4	5	6	7	8
Мелкосемянные (просо, льняное и хлопковое семя, гречиха)	СВУ-1, СВУ-2, ГИ ПЗП-55	1,5..3,0	7...8	7...8	8...11	10...12	7...8
	СВУ-62, СВУ-63, «Каркас», ТВУ-2	1,5..3,0	8...11	8...11	11...12	12...15	8...12
Колосовые (пшеница, ячмень, рожь, овес) и семена подсолнечника	СВУ-1, СВУ-2, ГИ ПЗП-55	1,5..5,0	9...11	10...12	12...13	13...16	11...13
	СВУ-62, СВУ-63, «Каркас», ТВУ-2	1,5..5,0	11...12	12...13	13...14	16...20	13...17
Зернобобовые (горох, кормовые бобы, и др.), кукуруза в зерне, соя, семена и коробочки клеещевины	СВУ-1, СВУ-2, ГИ ПЗП-55	1,5..5,0	11...12	12...13	13...14	16...22	13...21
	СВУ-62, СВУ-63, «Каркас», ТВУ-2	1,5..5,0	12...13	13...14	14...15	20...24	17...25
Кукуруза в початках	СВУ-1, СВУ-2, ГИ ПЗП-5	1,5..5,0	12,5	13,5	14,5	22,5	21,5
	СВУ-63, СВУ-62	1,5..5,0	13,5	14,5	15,0	26,0	28,0

Приложение 5.1 – Некоторые характеристики высушиваемых продуктов

Продукт	Средняя плотность продукта ρ , кг/м ³	Насыпная плотность продукта, кг/м ³	Удельная теплоемкость продукта, кДж/(кг·К)	Начальная влажность продукта, %	Конечная влажность продукта, %	Коэффициент уноса продукта из барабана, %
Пшеница	1430...1530	700...830	1,500...1,600	16...18	10...12	2...3
Ячмень	1400...1500	550...750	1,490...1,510	16...19	10...12	2...3
Подсолнечник	940	420	2,260...3,850	14...19	7	1...2
Рожь	1440...1550	650...690	1,500	15...18	11...12	2...3

Приложение 5.2 – Напряжение рабочего объема барабана по испаренной влаге A , кг/(м³·ч)

Температура сушильного агента на входе в барабан t_0 , °C	Влажность материала W_0 , %		
	< 10	10...40	> 40
80...150	1...8	6...15	10...20
150...250	10...20	15...40	30...50
150...400	15...30	25...60	50...75
400...650	20...40	30...90	80...120
650...1000	30...60	50...100	80...180

Приложение 5.3 – Максимально допустимая скорость газов v , м/с

Размер частиц, мм	Насыпная плотность материала, кг/м ³				
	350	1000	1400	1800	2200
Менее 0,3	0,5	2,0	3,0	4,0	5,0
От 0,3 до 2	0,5...1,0	2,0...5,0	3,0...7,5	4,0...10,0	5,0...12,0
Более 2	1,3	5,3	8,0	10,5	13,0

Приложение 5.4 – Физические свойства воздуха, насыщенного водяным паром при давлении 745 мм рт.ст (99,5 кПа)

Температура, °C	Давление насыщенного водяного пара, Па	Влагосодержание, кг/кг	Удельная энтальпия, кДж/кг
0	610,76	0,00385	9,63
5	871,81	0,00551	18,84
10	1227,11	0,00778	29,64
14	1597,41	0,01017	39,73
16	1816,88	0,01159	45,38
18	2062,34	0,01319	51,50
20	2336,92	0,01499	58,11
21	2485,01	0,01596	61,63
22	2641,91	0,01699	65,27
23	2807,64	0,01809	69,12
25	3166,57	0,02048	77,29
30	4241,38	0,02776	101,07
35	5622,15	0,03732	130,96
40	7374,60	0,04988	168,64
45	9582,08	0,06641	216,83
50	12334,80	0,08820	279,01
55	15740,65	0,11713	360,19
60	19917,31	0,15601	467,87
65	25006,96	0,20929	614,08
70	31155,73	0,28428	818,39
75	38549,94	0,39454	1117,29
80	47356,31	0,56680	1582,53
85	57800,40	0,86580	2388,15
90	70107,74	1,49252	4074,09
99	97762,49	38,92473	104652,92

Приложение 6.1

Таблица 1 – Удельная нагрузка продукта на 1 м² камеры хранения, кг/м²

Продукты	Удельная нагрузка	Продукты	Удельная нагрузка
Молоко и диетпродукты в бутылках ёмкостью:		Творог и творожные изделия:	
0,25 л	120	в ящиках	280
0,5 л	200	во флягах	200
1,0 л	240	Масло сливочное в коробках	650
Молоко и диетпродукты в пакетах ёмкостью:		Сыры в ящиках	750
		Сыры плавленые	180
0,5 л	180	Сухое молоко в мешках	600
1,0 л	280		

Таблица 2 – Нормы нагрузки продукта в различных камерах, кг

Камера, способ обработки	На 1 м ² строительной площади	На 1 м полезной длины подвесного пути	На 1 м ² яруса, стеллажа, вешал
1	2	3	4
Охлаждения:			
мяса, субпродуктов	200	250	-
на подвесных путях в ковшах	100	150	-
на подвесных путях на рамах	150	300	-
на напольных стеллажах-тележках	150	-	-
на стационарных стеллажах	150	-	85
Хранения:			
охлажденного мяса на подвесных путях	200	250	-
охлажденных субпродуктов			
на подвесных путях в ковшах	150	300	-
на подвесных путях на рамах	150	300	-
на напольных стеллажах-тележках	150	-	-
на стационарных стеллажах	150	-	85
на поддонах в ящиках	300	-	-
фасованного мяса	100	-	-

Продолжение таблицы 2 приложения 6.1

1	2	3	4
Замораживания:			
мяса, субпродуктов	200	250	-
на подвесных путях в ковшах	100	150	-
на подвесных путях на рамах	150	300	-
на напольных стеллажах-тележках	150	-	-
на стационарных стеллажах	150	-	85
Хранения:			
замороженного эндокринно-ферментного сырья	500	-	-
замороженных пельменей	400	-	-
Подморозка некондиционного продукта (сырья)	200	250	-

Таблица 3 – Высота складирования плодоовощной продукции

Вид продукции	Высота складирования, м	
	россыпь	в таре
Картофель, свекла, брюква	5,0	5,5
Морковь, репа, редька, капуста	2,8	5,5
Петрушка, сельдерей (конеплоды)	-	5,0
Овощи зеленые	-	4,0
Лук	3,6	5,0
Чеснок	-	5,0
Бахчевые	-	5,5
Маточники овощных культур		
- капуста, свекла, брюква	2,8	5,5
- морковь, репа, редька	2,8	5,5
Яблоки, груши, перец, баклажаны	-	6,0
Виноград, косточковые, ягоды, томаты	-	5,5

Таблица 4 – Максимальная вместимость одного помещения хранения растительного сырья

Вид продукции и способ складирования	Максимальная вместимость одного помещения хранения, т	
	В местах производства	В местах потребления
Семенной картофель:		
- россыпью	500	
- в таре	1000	
Продовольственный картофель:		
-россыпью	1000	1000
- в таре	1000	500
Корнеплоды:		
-россыпью	1000	
- в таре	1000	300
Капуста		
-россыпью	750	750
в таре	750	400
Лук		
-россыпью	250	
- в таре	500	200
Яблоки, груши в таре	1000	400

Таблица 5 – Удельные нагрузки на хранилище по видам продукции (при укладке в ящики)

Вид продукции	Удельная нагрузка, $Q_k, \text{т/м}^3$	Вид продукции	Удельная нагрузка, $Q_k, \text{т/м}^3$
картофель	0,50	яблоки	0,36
томаты	0,33	груши	0,36
капуста	0,30	лук	0,34
свекла	0,46	апельсины	0,32
морковь	0,36	виноград	0,30
перец	0,22	баклажаны	0,25

При укладке в ящики на плоских поддонах данные таблицы необходимо уменьшить на 6%, а при хранении в контейнерах – увеличить на 25%.

Приложение 6.2 – Основные физико-технические показатели некоторых теплоизоляционных и строительных материалов

Наименование материала	Плотность, кг/м ³	Коэффициент теплопроводности, Вт/(м·К)	Коэффициент паропроницаемости, г/м·ч·Па	Размеры изделия, мм		
				длина	ширина	толщина
Плиты жесткие из минеральной ваты на битумной основе	350...400	0,087	$337,5 \cdot 10^{-6}$	1000	500	40, 50, 60
Плиты жесткие из минеральной пробки	300...350	0,0812	$337,53 \cdot 10^{-6}$	1000	500	40, 50, 60
Плиты торфяные изоляционные	300	0,0638	$187,52 \cdot 10^{-6}$	1000	500	30, 50
Плиты из пенобетона	400	0,1392	$225,02 \cdot 10^{-6}$	1000	500	80, 100...200
Плиты из пенополистерола ПС-1	70...200	0,0464	$45,00 \cdot 10^{-6}$	1000	600	40, 50, 60, 80
Плиты из пеновинилхлорид ПВХ-1	125	0,0522	$225,02 \cdot 10^{-6}$	1000	500	40, 50, 60, 80
Стипорол ПСВ-С	20...30	0,0522	$37,50 \cdot 10^{-6}$	1000	500	40, 50, 100
Пробковые плиты	250	0,0696	$37,50 \cdot 10^{-6}$	1000	500	60, 80, 100
Кирпичная кладка на тяжелом растворе	1800	0,5568	$105,01 \cdot 10^{-6}$	250	120	65
Железобетон	2100	1,682	$30,00 \cdot 10^{-6}$	-	-	-
Штукатурка цементно-песчаная	1800	0,58	$90,01 \cdot 10^{-6}$	-	-	-
Асбестоцементные плиты и листы	1900	0,348	$26,25 \cdot 10^{-6}$	-	-	8...10
Гравий керамзитовый	300	0,1079	$247,52 \cdot 10^{-6}$	-	-	-
	400	0,116	$240,02 \cdot 10^{-6}$			
	600	0,1392	$225,02 \cdot 10^{-6}$			
Керамзитобетон в стеновых панелях	1000	0,3248	$750,06 \cdot 10^{-6}$	6000	800, 1200	150, 200...400

**Приложение 6.3 – Значение коэффициента теплопередачи
ограждений холодильника K , Вт/(м²·К)**

Среднегодовая температура воздуха, °С	Внутренняя температура, °С					
	-30	-20	-10	-4	+4	+12
0 и ниже	0,209	0,255	0,325	0,464	0,580	0,696
0...+9	0,197	0,232	0,278	0,348	0,510	0,638
+9 и выше	0,186	0,209	0,232	0,278	0,348	0,522

**Приложение 6.4 – Значения максимальной упругости водяного пара
 $E_{\text{н}}$, Па при $t=0...50^{\circ}\text{C}$**

$t^{\circ}\text{C}$	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
0	610,6	614,6	619,9	623,9	629,3	633,3	638,6	642,6	647,9	651,9
1	657,3	661,3	666,6	670,6	675,9	681,3	685,3	690,6	695,9	701,3
2	705,3	710,6	715,9	721,3	726,6	731,9	737,3	742,6	747,9	753,3
3	758,6	763,9	769,3	774,6	779,9	785,3	790,6	795,9	802,6	807,9
4	813,3	818,6	825,3	830,6	835,9	842,6	847,9	854,6	859,9	866,6
5	871,9	878,6	885,3	890,6	897,3	903,9	909,3	915,9	922,6	929,3
6	934,6	941,3	947,9	954,6	961,3	967,9	974,6	981,2	987,9	994,6
7	1001,2	1009,2	1015,9	1022,6	1029,2	1037,2	1043,9	1050,6	1058,6	1065,2
8	1073,2	1079,9	1087,9	1094,6	1102,6	1109,2	1117,2	1125,2	1131,9	1139,9
9	1147,9	1155,9	1163,9	1171,9	1179,9	1187,9	1195,9	1203,9	1211,9	1219,9
10	1227,9	1235,9	1243,9	1253,2	1261,2	1269,2	1278,6	1286,6	1294,6	1303,9
11	1311,9	1321,2	1330,6	1338,6	1347,9	1357,2	1365,2	1374,5	1383,9	1393,2
12	1402,5	1411,9	1421,2	1430,5	1439,9	1449,2	1458,5	1467,9	1478,5	1487,9
13	1497,2	1507,9	1517,2	1526,5	1537,2	1546,5	1557,2	1567,9	1577,2	1587,9
14	1598,5	1609,2	1618,5	1629,2	1639,9	1650,5	1661,2	1671,9	1682,5	1694,5
15	1705,2	1714,5	1726,5	1738,5	1749,2	1761,2	1771,8	1783,8	1794,5	1806,5
16	1817,2	1829,2	1841,2	1853,2	1865,2	1877,2	1889,2	1901,2	1913,2	1925,2
17	1937,2	1949,2	1962,5	1974,5	1986,5	1999,8	2011,8	2025,2	2037,2	2050,5
18	2063,8	2077,2	2089,2	2102,5	2115,8	2129,2	2142,5	2155,8	2169,1	2182,5
19	2197,1	2210,5	2225,1	2238,5	2251,8	2266,5	2281,1	2294,5	2309,1	2323,8
20	2338,5	2351,8	2366,5	2381,1	2395,8	2411,8	2426,5	2441,1	2455,8	2471,8
21	2486,5	2502,5	2517,1	2533,1	2547,8	2563,8	2579,8	2595,8	2611,8	2627,8
22	2643,8	2659,8	2675,8	2691,8	2709,1	2725,1	2742,4	2758,4	2775,8	2791,8
23	2809,1	2813,1	2842,4	2859,8	2877,1	2894,4	2913,1	2930,4	2947,7	2965,1
24	2983,7	3001,1	3019,7	3038,4	3055,7	3074,4	3093,1	3111,7	3130,4	3135,7
25	3167,7	3186,4	3205,1	3223,7	3243,7	3262,4	3282,4	3301,1	3321,1	3339,7

Продолжение приложения 6.4

t°С	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
26	3361,0	3381,0	3414,4	3421,0	3441,0	3461,0	3482,4	3502,4	3530,4	3543,7
27	3565,0	3586,4	3607,7	3627,7	3649,0	3671,7	3693,0	3714,4	3735,7	3758,3
28	3779,7	3801,0	3823,7	3846,3	3869,0	3890,3	3913,0	3937,0	3959,7	3982,3
29	4005,0	4029,0	4051,7	4067,7	4099,7	4122,3	4146,3	4170,3	4194,3	4218,3
30	4242,3	4267,6	4291,6	4317,0	4341,0	4366,3	4390,3	4415,6	4441,0	4466,3
31	4493,0	4518,3	4543,6	4570,3	4595,6	4622,3	4647,6	4674,3	4699,6	4727,6
32	4754,3	4782,3	4808,9	4835,6	4863,6	4890,3	4918,2	4946,2	4974,2	5002,2
33	5030,2	5058,2	5079,6	5115,6	5143,6	5172,9	5202,2	5231,6	5260,9	5290,2
34	5319,5	5348,9	5378,2	5408,9	5439,5	5468,9	5499,5	5530,2	5560,9	5591,5
35	5490,2	5654,2	5684,9	5716,8	5748,8	5780,8	5812,8	5844,8	5876,8	5908,8
36	5940,8	5974,2	6006,2	6039,5	6072,8	6106,1	6139,5	6172,8	6206,1	6240,8
37	6275,5	6308,8	6343,5	6378,1	6412,8	6450,1	6483,4	6518,1	6554,1	6588,8
38	6624,8	6660,8	6696,8	6734,1	6768,8	6806,1	6842,1	6879,4	6919,4	6954,1
39	6991,4	7030,1	7067,4	7104,7	7143,4	7182,1	7219,4	7259,4	7298,0	7336,7
40	7375,4	7414,0	7454,0	7494,0	7534,0	7574,0	7614,0	7654,0	7695,3	7736,7
41	7778,0	7819,3	7860,7	7903,3	7943,3	7986,0	8028,7	8071,3	8112,6	8156,6
42	8199,3	8242,0	8284,6	8328,6	8372,6	8416,6	8460,6	8504,6	8548,6	8593,9
43	8639,3	8684,6	8729,9	8775,3	8820,6	8867,2	8912,6	8960,6	9007,2	9053,9
44	9100,6	9147,2	9195,2	9243,2	9291,2	9339,2	9387,2	9435,2	9484,5	9533,9
45	9583,2	9632,5	9681,8	9731,2	9780,5	9831,2	9881,8	9932,5	9983,2	10033,8
46	10085,8	10137,8	10189,8	10241,8	10293,8	10345,8	10399,1	10452,4	10505,8	10559,1
47	10612,4	10665,8	10720,4	10775,1	10829,7	10884,4	10939,1	10993,7	11048,4	11104,4
48	11160,4	11216,4	11273,7	11331,0	11388,4	11445,7	11503,0	11560,4	11617,7	11676,3
49	11735,0	11793,7	11852,3	11911,0	11971,0	12031,0	12091,0	12151,0	12211,0	12272,3
50	12293,6									

**Приложение 6.5 – Значения максимальной упругости водяного пара
Е_в, Па t=-41...-0,2**

$t^{\circ}C$	E	$t^{\circ}C$	E	$t^{\circ}C$	E	$t^{\circ}C$	E	$t^{\circ}C$	E
-0,20	610,6	-5,40	388,0	-10,80	241,3	-16,00	150,7	-23,00	77,3
-0,40	601,3	-5,60	374,6	-11,00	237,3	-16,20	148,0	-23,50	73,3
-0,60	581,3	-6,00	368,0	-11,20	233,3	-16,40	145,3	-24,00	69,3
-0,80	573,3	-6,20	362,6	-11,40	229,3	-16,60	142,7	-24,50	66,7
-1,00	562,6	-6,40	356,0	-11,60	225,3	-16,80	140,0	-25,00	62,7
-1,20	553,3	-6,60	350,6	-11,80	221,3	-17,00	137,3	-25,50	60,0
-1,40	544,0	-6,80	344,0	-12,00	217,3	-17,20	134,7	-26,00	56,0
-1,60	534,6	-7,00	337,3	-12,20	213,3	-17,40	132,0	-26,50	53,3
-1,80	526,6	-7,20	332,0	-12,40	209,3	-17,60	129,3	-27,00	50,7
-2,00	517,3	-7,40	326,6	-12,60	206,6	-17,80	128,0	-27,50	48,0
-2,20	509,3	-7,60	321,3	-12,80	202,6	-18,00	125,3	-28,00	45,3
-2,40	500,0	-7,80	314,6	-13,00	198,6	-18,20	122,7	-28,50	44,0
-2,60	492,0	-8,00	309,3	-13,20	194,7	-18,40	120,0	-29,00	41,3
-2,80	484,0	-8,20	304,0	-13,40	190,7	-18,60	117,3	-29,50	38,7
-3,00	476,0	-8,40	298,6	-13,60	188,0	-18,80	116,0	-30,00	37,3
-3,20	468,0	-8,60	293,3	-13,80	184,0	-19,00	113,3	-31,00	33,3
-3,40	460,0	-8,80	289,3	-14,00	181,3	-19,20	110,7	-32,00	30,7
-3,60	452,0	-9,00	284,0	-14,20	178,7	-19,40	109,3	-33,00	28,0
-3,80	445,3	-9,20	278,6	-14,40	174,7	-19,60	106,7	-34,00	25,3
-4,00	437,3	-9,40	273,3	-14,60	172,0	-19,80	105,3	-35,00	22,7
-4,20	429,3	-9,60	268,0	-14,80	168,0	-20,00	102,7	-36,00	20,0
-4,40	422,6	-9,80	264,0	-15,00	165,3	-20,50	98,7	-37,00	17,3
-4,60	414,6	-10,00	260,0	-15,20	162,7	-21,00	93,3	-38,00	16,0
-4,80	408,0	-10,20	254,6	-15,40	158,7	-21,50	89,3	-39,00	14,7
-5,00	401,3	-10,40	250,6	-15,60	156,0	-22,00	85,3	-40,00	12,0
-5,20	394,6	-10,60	248,0	-15,80	153,3	-22,50	81,3	-41,00	10,7

Приложение 6.6 – Сопротивление паропроницанию некоторых материалов, $R_{п}$

Материал	Толщина слоя, мм	Сопротивление паропроницанию, $\text{м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па} / \text{г}$
1. Картон обыкновенный	1,3	16,00
2. Листы асбестоцементные	6	266,64
3. Листы гипсовые обшивочные (сухая штукатурка)	10	119,99
4. Окраска горячим битумом за один раз	2,0	266,64
5. Окраска горячим битумом за два раза	4	479,96
6. Окраска масляная за два раза с предварительной шпаклевкой и грунтовкой	-	639,95
7. Окраска эмалевой краской	-	479,96
8. Покрытие изольной мастикой за один раз	2	599,95
9. Покрытие битумно-кукерсольной мастикой за один раз	1	639,95
10. Покрытие битумно-кукерсольной мастикой за два раза	2	1079,91
11. Пергамин кровельный	0,4	333,31
12. Полиэтиленовая пленка	0,16	7332,71
13. Рубероид	1,5	1106,57
14. Толь кровельный	1,9	399,97

Приложение 6.7 – Удельная энтальпия продуктов

Вид продукции	Удельная энтальпия продукта, кДж/кг при температуре, °С											
	-1	0	1	2	4	8	10	12	15	20	25	30
Томаты	233	236	240	243	250	265	272	279	290	307	328	345
Груши												
Виноград												
Капуста	268	272	274	274	287	302	309	317	328	347	366	385
Свекла												
Морковь												
Яблоки												
Картофель												
Апельсины												
Мясо говя- жье, птица	186	232	236	238	246	248	265	271	280	297	312	329
Баранина	180	224	227	230	236	249	255	261	271	287	302	314
Свинина	170	212	215	218	224	236	242	248	257	273	288	302
Субпродукты мясные	204	261	265	268	274	289	296	302	313	331	348	366
Рыба тощая	212	266	276	273	280	293	301	308	314	336	354	371
Рыба жирная	200	249	252	256	263	277	283	290	300	317	334	352
Яйца в скор- лупе	234	237	240	243	250	262	269	274	284	300	316	332
Масло сли- вочное	91,6	95	99	101	107	121	130	139	155	183	204	221
Простокваша		0	3	8	16	31	39	47	59	78	98	118
Сметана		0	4	6	13	29	36	44	55	74	96	110
Творог	193	300	302	206	313	327	334	344	352	369	387	405
Сыр	17	19	23	25	31	42	47	53	62	76	90	104
Мороженое сливочное	224	227	231	234	241	254	264	268	278	295	311	328

Приложение 6.8 – Удельные теплопритоки при открывании дверей помещения

	Теплоприток (Вт/ м ²) при высоте камер 6 м* и площади, м ²		
	< 50	50-150	> 150
Камеры			
- охлаждения мяса	23	12	10
хранения охлажденных продуктов	29	15	12
- замораживания	32	15	12
- хранения замороженных продуктов	22	12	8
Экспедиция и загрузочно-разгрузочные камеры	78	38	20
Камеры хранения для фруктов	10	5	4
Цех товарной обработки фруктов	46	23	12

* При другой высоте камер значения теплопритоков следует изменить пропорционально высоте

Приложение 6.9 – Тепловыделения сырья от дыхания при разных температурах

Вид продукции	Количество теплоты дыхания, Вт/т при температуре, °С					
	0	2	5	10	15	20
Картофель	20	22	24	26	36	44
Томаты	17	20	28	41	87	102
Капуста	33	36	51	78	121	194
Свекла	20	28	34	60	116	213
Морковь	28	34	38	44	97	135
Яблоки	10	14	21	31	58	73
Груши	10	22	41	56	126	219
Апельсины	10	11	17	30	48	59
Виноград	9	17	24	36	49	78

**Приложение 6.10 – Характеристики паровых компрессионных
холодильных машин**

Марка	Холодопроизводитель- ность, кВт	Марка ком- прессора	Теоретическая объемная производительность, л/с	Потребляемая мощность, кВт	Площадь тепло обмена, м ²		Масса кг
					Конденсатор	Испаритель	
Хладоновые холодильные машины для охлаждения воздуха							
МКВ4-1-2	5,35	ФВ-6	5,7	2,3	1,74	4×24,3	215
МВВ4-1-2	3,5	ФВ-6	5,7	1,8	15,0	4×20,0	262
1МКВ6-1-2	7,0	2ФВБС-6	8,6	3,7	1,9	3×18,5	480
1МВВ6-1-2	7,0	2ФВБС-6	8,6	4,2	35,2	3×18,5	460
1МКВ9-1-2	10,5	2ФУБС-9	11,6	5,3	2,9	4×18,5	620
1МВВ9-1-2	10,5	2ФУБС-9	11,6	6,2	61,5	4×18,5	631
2МКВ12-1-2	16,3	2ФУБС-12	17,2	11,4	9,1	183	1000
2МВВ12-1-2	16,3	2ФУБС-12	17,2	13,5	125	183	1300
2МКВ18-1-2	22,6	2ФУУБС-18	22,9	18,5	11,7	205	1400
2МВВ18-1-2	22,6	2ФУБС-18	22,9	20,0	170	205	1650
МКВ18-1-4	13,6	2ФУУБС-18	22,9	12,5	7,7	95	1000
МВВ18-1-4	13,6	2ФУУБС-18	22,9	14,0	125	95	1150
1ХМФ-16	18,6	2ФУБС-9 (2 шт.)	23,2	17,4	109	170	1814
1ХМФ-32	37,2	2ФУБС-18 (2 шт.)	45,8	35,6	308	172	3330
Холодильные машины для охлаждения жидких хладоносителей							
УВ-10	11	ФВ6	8,6	5,5	-	-	580
МВТ14-1-0	39	ФВ20	27,2	15	-	-	1200
МВТ20-1-0	20,4	2ФУБС-12	17,2	9,4	82	3,3	900
МКТ14-2-0	28,5	2ФУБС-9	11,6	8,6	8,6	10,2	630
МКТ20-2-0	58,2	2ФУБС-18	22,9	17,5	15,7	18,9	970
МКТ40-2-1	69,5	ПБ40-2-13	28,9	19,8	16,4	24	1070
МКТ80-2-1	139	ПБ80-2-13	57,8	39,6	32	48	1700
1МКТ110-7-2	116	ПБ110-7-2	83,6	43	37,6	58,6	4750
1МКТ220-7-2	245	П220-7-2	167	90,4	62	92	7050
МКТ220-2-0	430	П220-2-0	167	97,5	113	66	6675
МКТ350-2-1	674	ВХ350-2-1	236	165	172	105	9300

Приложение 7.1 – Интенсивность вентилирования массы продукции

Вид хранимой продукции	Минимально допустимая интенсивность вентилирования ($\text{м}^3/\text{т}\cdot\text{ч}$) в районах с расчетной температурой, $^{\circ}\text{C}$	
	≥ -20	≤ -30
Семенной картофель	100	70
Продовольственный картофель, корнеплоды	70	50
Капуста, лук, чеснок	150	100

Приложение 7.2 – Производительность системы приточной вентиляции, кратность циркуляции в камерах хранения

Наименование хранилищ по способу создания микроклимата	Производительность приточной вентиляции	Кратность циркуляции в камере хранения
Холодильники	два объема камеры в сутки	по расчету, но не менее 8 объемов в час
в т.ч. с искусственным и естественным охлаждением	по расчету, но не менее $10 \text{ м}^3/\text{т}\cdot\text{ч}$	по расчету, но не менее 8 объемов в час
Хранилища: с активной вентиляцией	по расчету, исходя из условия удаления тепла и влаги в период охлаждения, но не менее значения по приложению 7.1	По расчету, но не менее 8 объемов в час
с активной вентиляцией и искусственным холодом	По расчету, исходя из условия удаления тепла и влаги холодильным оборудованием	
с общеобменной вентиляцией и тарным хранением	По расчету, исходя из условия удаления тепла и влаги в период охлаждения	по расчету, но не менее 8 объемов в час

Приложение 7.3 – Гидравлическое сопротивление насыпи различной продукции

Вид продукции	Толщина слоя, м	Интенсивность подачи воздуха на 1 м ² сечения насыпи, перпендикулярной воздушному потоку, м ³ /ч					
		50	100	200	300	400	500
Картофель	1	2,9	4,0	19,0	34,3	54,5	85,4
	2	6,8	16,5	44,5	84,5	124,5	194,5
	3	11,1	24,0	73,5	144,0	221,0	326,5
	4	16,0	38,5	104,5	205,5	314,7	465,0
	5	21,0	51,0	138,0	270,0	420,0	612,0
	6	26,0	63,5	172,5	338,0	530,0	766,0
Лук	1	3,26	8,11	22,7	43,6	71,7	105,0
	2	4,79	19,4	54,3	104,0	170,0	251,0
	3	13,0	32,4	90,5	174,0	284,0	419,0
	4	18,6	46,5	130,0	250,0	408,0	602,0
Свекла	1	0,85	2,12	5,93	11,4	18,6	24,5
	2	1,70	4,24	11,86	22,8	34,2	55,0
	3	2,55	6,36	14,79	34,2	55,8	85,5
	4	3,40	8,48	23,72	45,6	74,4	110,0
Капуста	1	1,31	3,13	8,28	15,4	24,6	35,8
	2	2,62	6,26	16,56	30,8	49,2	71,6
	3	3,93	9,39	24,84	46,2	73,8	104,7
	4	5,24	12,54	33,12	61,6	98,4	143,2

Приложение 7.4 – Коэффициенты местных сопротивлений

Шахта с вытяжным зонтом	1,3
с жалюзийной решеткой	2,8
Вход в отверстие заподлицо со стеной	0,8
Вход и выход через неподвижную жалюзийную решетку	
вход	1,8
выход	2,2
Отвод под углом 90°	0,4
45°	0,2
Прямое колено под углом 90°	1,2
Плавное сужение канала	0,4
Свободный выход из канала	1,0
Тройник при нагнетании под углом 90°	
основной проход	0,1
ответвление	2,0
Тройник при всасывании под углом 90°	
основной проход	4,0
ответвление	1,0
Диффузор после вентилятора	0,4
Воздухораспределитель	1,0

Приложение 8.1 – Техническая характеристика емкостей для хранения молока

Показатель	B2-OMB- 2,5	B2-OMB- 6,3	B2-OMГ- 4,0	B2-OMГ- 10
Рабочая вместимость, м ³	2,5	6,3	4	10
Исполнение	Верти- кальное	Верти- кальное	Горизон- тальное	Горизон- тальное
Габаритные размеры, мм:				
длина	-	-	2190	4450
ширина (диаметр)	1640	1950	2245	2125
высота	3165	3000	2260	2825
Установленная мощность, кВт	0,75	0,75	0,75	0,75
Масса (без молока), кг	620	1290	990	2255

ЛИТЕРАТУРА

1. Антипова, Л.В. Проектирование предприятий мясной отрасли с основами САПР / Л.В. Антипова, Н.М. Ильина, Г.П. Казюлин и др. – М.: КолосС, 2003. – 320 с.
2. Большаков, С.А. Холодильная техника и технология: учебник / С.А. Большаков и др. – М.: ИНФРА-М, 2000. – 286 с.
3. Боуманс, Г. Эффективная обработка и хранение зерна / Г. Боуманс, В. И. Дашевского. – М.: Агропромиздат, 1991. – 608 с.
4. Бараненко, А.В. Практикум по холодильным установкам: учебное пособие для студентов вузов / А.В. Бараненко, В.С. Калюнов, Ю.Д. Румянцев – СПб.: Профессия, 2001. – 272 с.
5. Гордеев, А.С. и др. Основы проектирования и строительства перерабатывающих предприятий / Под ред. А.И. Завражного – М.: Агроконсалт, 2002 – 492 с.
6. Оборудование для производства муки и крупы: Справочник / А.Б. Демский, М.А. Борискин, Е.В. Тамаров и др. – М.: Агропромиздат, 1990. – 351 с.
7. Журавлев, А.П. Технология и техника сушки зерна / А.П. Журавлев. – Самара, 2000. – 200 с.
8. Здановская, В.Г. Холодильное оборудование и первичная обработка молока в фермерском хозяйстве / В.Г. Здановская, Н.А. Королева, Н.П. Мишуков. – М.: Информагротех, 1995. – 88 с.
9. Кинякин, М.Ф. Оборудование предприятий по хранению и переработке плодов и овощей. – М.: Изд-во МСХА, 2000.
10. Курочкин, А.А. Технологическое оборудование для переработки продукции животноводства / А.А. Курочкин, В.В. Ляшенко. – М.: Колос, 2001. – 440 с.
11. Лашутина, Н.Г. Холодильно-компрессорные машины и установки / Н.Г. Лашутина, В.П. Суедов, В.И. Полушкин. – М.: Колос, 1994 – 431 с.
12. Луганский, В.И. Хранилища в фермерском хозяйстве (Типовые проекты). – М.: Информагротех, 1995. – 75 с.
13. Новотрясов, Н.И. Практикум по холодильно-вентиляционному оборудованию / Н.И. Новотрясов. – Саранск: Изд-во Мордов. ун-та, 2003. – 192 с.
14. Практикум по сооружениям и оборудованию для хранения продукции растениеводства и животноводства / А.А. Курочкин, В.А. Милюткин, А.Ю. Сергеев и др. – М.: КолосС, 2007. – 156 с.

15.Пунков, С.П. Хранение зерна, элеваторно-складское хозяйство и зерносушение / С.П. Пунков, А.И. Стародубцева. – М.: Агропромиздат, 1990. – 367 с.

16.Скрипников, Ю.Г. Прогрессивная технология хранения и переработки плодов и овощей / Ю.Г. Скрипников. – М.: Агропромиздат, 1989.– 159 с.

17.Скрипников, Ю.Г. Оборудование для предприятий по хранению и переработке плодов и овощей / Ю.Г. Скрипников, Э.С. Гореньков. – М.: Колос, 1993.– 336 с.

18.Терехов, М.Б. Сооружения и оборудование для хранения зерна: учебное пособие / М.Б. Терехов, В.М. Чичаев. – Нижегород. гос. с-х. академия, Нижний Новгород: 1997. – 270 с.

19.Топчий, Н.Д. и др. Сельскохозяйственные здания и сооружения / Н.Д. Топчий. – М.: Агропромиздат, 1985. – 480 с.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	3
1 Средства для непрерывного перемещения растительного сырья и продукции	6
1.1 Транспортеры	6
1.2 Расчет производительности транспортных средств.....	19
2 Устройство и оборудование зерноскладов и зернохранилищ...	22
2.1 Зерносклады.....	22
2.2 Закромные и напольные зерносклады из местных материалов.....	28
3 Устройство и оборудование элеваторов для хранения зерна и зернопродуктов.....	35
4. Установки для активного вентилирования, газации, контроля и регулирования температуры зерна.....	50
4.1 Виды активного вентилирования зерна.....	50
4.2 Оборудование для активного вентилирования.....	51
4.3 Расчет подачи воздуха для вентилирования и продолжительность вентилирования.....	63
5 Устройство и работа зерносушилок.....	66
5.1 Классификация и устройство зерносушилок.....	66
5.2 Расчет барабанных зерносушилок.....	79
6 Сооружения и оборудование для холодильной обработки и хранения сельскохозяйственной продукции.....	85
6.1 Классификация холодильников.....	85
6.2 Объемно-планировочные решения холодильников.....	86
6.3 Оборудование холодильников	93
6.4 Расчет холодильников.....	108
7 Устройство и оборудование картофеле- и овощехранилищ.....	121
7.1 Способы хранения и размещения продукции в хранилищах	121
7.2 Классификация хранилищ.....	124
7.3 Конструкция хранилищ.....	130
7.4 Внутреннее оборудование специализированных хранилищ.	141
7.5 Вентиляция хранилищ	146
7.6 Расчет вентиляционной системы в картофеле- и овощехранилищах.....	149
8 Резервуары для хранения молока и определение вместимости и времени наполнения-опорожнения.....	156

8.1 Резервуары для хранения молока.....	156
8.2 Расчет оборудования для хранения молока.....	161
Тестовые задания.....	164
Глоссарий.....	182
Приложения	184
Литература	203

Учебники для бакалавров

**Владимир Михайлович Зимняков,
Алексей Юрьевич Сергеев**

**СООРУЖЕНИЯ И ОБОРУДОВАНИЕ
ДЛЯ ХРАНЕНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ
ПРОДУКЦИИ**

Компьютерная верстка Т.В. Масловой
Корректор А.Ю. Сергеев

Подписано в печать
Бумага Гознак Print
Тираж 100 экз.

Формат 60×84 1/16
Уч.-изд. лист. 12,94
Заказ №

РИО ПГСХА
440014, г. Пенза, ул. Ботаническая, 30